

ВНИРО · ТИНРО



СОВЕТСКИЕ
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
ТИХОГО ОКЕАНА

*ALL — UNION RESEARCH
INSTITUTE OF MARINE
FISHERIES AND OCEANOGRAPHY
(VNIRO)*

*PACIFIC RESEARCH INSTITUTE
OF MARINE FISHERIES AND
OCEANOGRAPHY (TINRO)*

PROCEEDINGS

VOL. XLIX

VOL. LI

SOVIET FISHERIES INVESTIGATIONS
IN THE NORTH—EASTERN PART OF THE
PACIFIC OCEAN

Part II

MOSCOW
1964

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО РЫБНОМУ ХОЗЯЙСТВУ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ОКЕАНОГРАФИИ (ВНИРО)

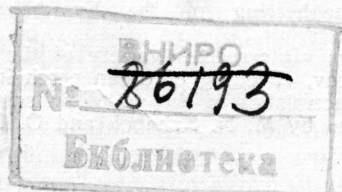
ТИХООКЕАНСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ОКЕАНОГРАФИИ (ТИНРО)

ТРУДЫ ВНИРО
ГОМ XLIX

ИЗВЕСТИЯ ТИНРО
ТОМ LI

СОВЕТСКИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Выпуск II



инв. 3854

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»
МОСКВА 1964

SUMMARY

This volume is a second part of the transactions published under the same title by the All-Union Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (VNIRO) and the Pacific Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (TINRO).

The book summarizes the materials of the fisheries investigations carried out by the abovementioned institutes in the Bering Sea and the Gulf of Alaska during the recent years (1958—1962).

The papers presented involve an oceanographic complex of investigations and are of great theoretical and practical interest. They increase our knowledge of the bottom relief, sediments and hydrological regime of the Bering Sea which makes it possible to range it among the most thoroughly investigated seas of the World Ocean.

Detailed characteristics of the Bering Sea areas, numerous practical instructions and a great number of data and illustrations published are of exceptionally great importance for commercial fishing and crab vessels operating in this Sea.

In this respect the following papers are rather interesting: «On the water exchange between the Bering Sea and the Pacific Ocean» by A. M. Batalin, «The heat balance of the surface waters in some fishing areas of the Bering Sea» by N. G. Vasyukova, «The scheme of the wind circulation of the Bering Sea currents (August 1959—1960)» by Z. F. Gurikova, T. G. Vinokurova and V. V. Natarov, «Hydrological characteristics of the Gulf of Alaska» by A. F. Plakhotnik and some other papers.

Hydrobiological complex of investigations is shown in the following papers: «On the biology and fishery of the Southeastern Bering Sea crab» by N. G. Korolev, «Some results of investigations on the biology and distribution of shrimp in the Pribylof area of the Bering Sea» by B. G. Ivanov, «Some data on the quantitative distribution of the bottom fauna in the Gulf of Alaska» by V. V. Shevtsov, «Quantitative distribution of the echinoderms on the shelf of the East Bering Sea» by B. G. Ivanov, «The quantitative distribution of plankton in the Southeastern Bering Sea in the summer of 1958 and 1959» by I. M. Meshcheryakova.

The papers dealing with ichthyological investigations are of great interest. Among them there are «The main biological characteristics of the Pacific halibut (*Hippoglossus hippoglossus stenolepis* Schmidt) in the Bering Sea» by N. P. Novikov, «Data on the biology of rock sole in the Southeastern Bering Sea» by D. A. Shubnikov and L. A. Lisovenko, «On the herring of the East Bering Sea» by Ju. I. Dudnik and E. A. Usoltsev and others.

The following papers «Interspecies variety of the Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*)» by V. V. Barsukov, «Feeding of ocean perch in the Bering Sea» by V. A. Skalkin and «Chemical characteristics of the yellowfin sole, cod and Alaska pollack in the Southeastern Bering Sea» by M. N. Krivibok and O. I. Tarkovskaya are of especial interest.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

П. А. Моисеев (ответственный редактор), **А. Г. Кагановский** (заместитель ответственного редактора), **Л. Г. Виноградов**, **Д. Е. Гершанович**, **В. М. Мунтян**, **В. В. Натаров**, **Н. П. Новиков**, **М. В. Федосов**, **Л. С. Чумакова**.

EDITORIAL BOARD:

P. A. Moiseev (chief editor), **A. G. Kaganovsky** (assistant chief editor), **L. G. Vinogradov**, **D. E. Gershanovich**, **V. M. Muntian**, **V. V. Natarov**, **N. P. Novikov**, **M. V. Fedosov**, **L. S. Chumakova**.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Второй выпуск трудов Берингоморской научно-промысловой экспедиции ТИНРО и ВНИРО включает в себя работы, подводящие итоги исследований некоторых разделов геологии, океанологического режима, распределения и численности донной фауны, биологии и закономерностей распределения ряда промысловых объектов Берингова моря и прилегающих к нему районов Тихого океана. Особенно подробно излагаются материалы по восточной части Берингова моря и по зал. Аляска, т. е. по районам, наиболее обстоятельно изучавшимся участниками экспедиции, в связи с тем, что до этого времени они были наименее обследованными.

Уже в первый год (1958) работы экспедиции в восточной части Берингова моря были обнаружены крупнейшие скопления камбал и ряда других промысловых объектов, которые сейчас успешно облавливаются рыболовным флотом. Кроме того, были выявлены и изучены скопления морского окуня, палтусов и угольной рыбы в Беринговом море и зал. Аляска, зимующей сельди в восточной и нагульной сельди в западной частях моря, крабов в Бристольском заливе, креветок у о-вов Прибылова и т. д.

Таким образом, бассейн Берингова моря и зал. Аляска в результате работ Берингоморской экспедиции стали одним из важнейших рыбопромысловых районов Мирового океана. Достаточно указать, что за последние годы в его пределах советскими, японскими и американскими рыбаками вылавливается около 15 млн. ц лососей, сельди и донных рыб. Если же учесть добываемых здесь и в прилегающих районах китов и котиков, а также крабов и креветок, то промысловое изъятие из бассейна Берингова моря будет еще большим.

Совершенно естественно, что так быстро развиваться промысел мог только при условии предварительного проведения здесь рыбохозяйственных исследований, осуществляемых как для составления промысловой океанологической характеристики этого нового района, так и для изучения промысловой биологии используемых объектов и прежде всего условий, определяющих их распределение и поведение, а также для предварительного выявления их численности.

Коллектив Берингоморской экспедиции проделал в этом направлении большую работу; в первом и во втором выпуске трудов экспедиции приводятся обширные материалы и вытекающие из их обработки обобщения и рекомендации. Можно надеяться, что публикуемые работы будут способствовать еще более успешному и правильному освоению промысловых ресурсов Берингова моря и зал. Аляска и послужат научным обоснованием для разработки перспективного плана развития рационального рыболовства в этой обширной акватории Тихого океана.

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

551.465(265.2)

О ВОДООБМЕНЕ БЕРИНГОВА МОРЯ С ТИХИМ ОКЕАНОМ

А. М. Баталин

Кафедра физики моря ДВГУ

Пресный баланс Берингова моря составляет около 2% его водного баланса, а почти 98% определяется водообменом моря с Тихим и Ледовитым океанами. Через Берингов пролив выносится в Северный Ледовитый океан от 36 000 до 44 800 км³ воды в год, а вносится в Берингово море около 5700 км³ в год.

В литературе имеются указания на то, что приток тихоокеанских вод через все проливы южной окраины моря составляет около 100 000 км³, а сток берингоморских вод в океан доходит до 60 000 км³ в год [10]. Хотя эти величины можно рассматривать как минимальные, следует считать, что приток тихоокеанских вод определяет положительную часть водного баланса Берингова моря.

Если суммарную величину водообмена Берингова моря с Тихим океаном можно определять различными способами, в том числе и при помощи расчета теплового баланса поверхности моря, то значительно более сложным оказывается вопрос о структуре водообмена, т. е. о распределении потоков тихоокеанских и берингоморских вод вдоль всей южной окраины моря, в проливах. В свою очередь правильное определение структуры водообмена требует выяснения природы водообмена или причин, его определяющих. Именно последнее и представляет собой главную задачу изучения процессов водообмена моря с океаном.

Обзор литературных источников [3, 8—10, 12, 18, 19, 20] показывает, что нет еще достаточно надежных представлений о путях водообмена Берингова моря с Тихим океаном. Если для юго-западной окраины моря и получены приближенные величины водообмена на основании косвенных данных, то для проливов восточной части Алеутской гряды этого еще не сделано. Данные наблюдений над течениями и другими океанологическими элементами в проливах или на подходах к ним пока еще единичны и разновременны.

Некоторые общие представления о путях водообмена моря с прилегающей частью океана можно получить из данных теплового баланса, рассчитываемого для поверхности моря по осредненным многолетним гидрометеорологическим данным. Такие расчеты, выполненные автором [1, 2], показали, что распределение величины теплового баланса поверхности Берингова моря указывает на два основных района притока

тихоокеанских вод. Именно здесь дефицит тепла оказывается наибольшим и единственным средством его компенсации может быть тепло, вносимое в море потоком тихоокеанских вод. Первый из этих районов относится к области пролива между Командорскими и Ближними о-вами, а второй — к восточным проливам Алеутской гряды.

В первом из этих районов наибольший дефицит тепла доходит до $55,4 \text{ ккал/см}^2$ за год, причем область распространения таких высоких значений дефицита приурочена именно к самой зоне пролива. Еще более важной чертой пространственного распределения величины дефицита является то, что изолиниями больших значений дефицита оконтуривается значительная часть акватории моря. Порядок величины дефицита тепла во втором районе немногим меньше, чем в первом, наибольшие его значения доходят до 52 ккал/см^2 в год, но площади, ограниченные одноименными изолиниями дефицита тепла, у восточных проливов значительно меньше. Это дает основание считать, что первый район является основным каналом притока тихоокеанских вод в Берингово море. В средних годовых величинах теплоприток из океана во втором районе оказывает значительное влияние на тепловой режим юго-восточной части моря, но очень мало влияет на тепловой режим его глубоководной части.

Однако в годовом ходе теплового баланса поверхности моря обнаруживаются некоторые особенности, которые могут служить указанием на изменчивость теплопритока из океана. Если в холодное время года суммарный дефицит тепла в первом районе больше, чем во втором, то в теплое время года это различие либо сглаживается, либо даже этот дефицит тепла может оказаться большим во втором районе. Последнее приводит к предположению, что интенсивность теплопритока из океана через пролив между Командорскими и Ближними о-вами в холодное время года больше, чем в теплое. Соответственно можно считать, что в теплое время года увеличивается приток тихоокеанских вод через восточные проливы Алеутской гряды и уменьшается в холодное время года. Однако и при увеличении его область влияния тихоокеанских потоков остается ограниченной юго-восточной частью моря и вряд ли существенно сказывается на режиме его глубоководной части.

Из расчетов теплового баланса поверхности моря еще трудно получить представление о структуре тепловых потоков адвективного происхождения, а тем более о структуре водных потоков по той причине, что дефицит тепла складывается не только из непосредственной теплопередачи от моря к атмосфере в зонах потоков тихоокеанских вод, но также из теплопередачи соседним слоям вод турбулентным обменом. Этот второй процесс, связанный с боковым трением, имеет чрезвычайно большое значение для распределения океанологических характеристик, в том числе и тепла. В частности, благодаря этому размываются граничные области тепловых и водных потоков.

Можно определить общую величину масс воды, вносящих тепло в море в районах резко выраженного дефицита тепла. Для этого необходимо отнести общую величину дефицита тепла в области его распространения к понижению температуры толщи вод в направлении тепловых потоков, исходя из распределения максимальных послонных горизонтальных градиентов температуры. Основные расчеты были сделаны нами для глубоководной части моря в пределах слоя 0—1000 м, контрольные расчеты производились для слоев 0—200 и 0—500 м.

Согласно этим расчетам общий приток вод из Тихого океана через два рассматриваемых района составляет по меньшей мере $150\,000 \text{ км}^3$ за год. Из этого количества более $100\,000 \text{ км}^3$ поступает в море через пролив между Командорскими и Ближними о-вами и около $50\,000 \text{ км}^3$ через проливы Алеутской гряды в зонах Андреановских и Ближних о-вов. Некоторое количество тихоокеанских вод, видимо, поступает в море и через другие проливы. В частности, из распределения вели-

чины теплового баланса поверхности моря следует, что вполне возможен приток в море тихоокеанских вод через самые широкие и глубокие проливы, в том числе и через восточную половину Камчатского пролива. Последнее согласуется с результатами детализированных расчетов теплового баланса поверхности юга Берингова моря, выполненных Н. Г. Васюковой [5].

Можно принять, что приток тихоокеанских вод в море через восточные проливы Алеутской гряды приближенно равен стоку берингоморских вод в Северный Ледовитый океан через Берингов пролив. Это, разумеется, вовсе не означает, что в Берингов пролив поступают эти воды. Речь идет лишь о балансировании притока и стока. Принимая эти величины за исходные, мы можем считать, что сток берингоморских вод в океан через проливы южной окраины моря и, прежде всего, через Камчатский пролив равен примерно $100\,000\text{ км}^3$ в год.

По отношению ко всему объему вод Берингова моря ежегодный приток тихоокеанских вод составляет около 4%. Такое соотношение может служить одним из оснований для количественной оценки процесса «обновления» вод самого моря. Нельзя упрощать этот процесс, сводя задачу к элементарным подсчетам. Обновление вод моря представляет собой сложный процесс, связанный с турбулентным межслойным* и латеральным обменом и с вертикальной циркуляцией, причем многие черты этих процессов остаются до настоящего времени почти не исследованными. Кроме того, интенсивность тихоокеанских потоков изменяется со временем не только по сезонам, но и по годам, особенно в периоды развития и затухания меандрирования главной струи Куроисио [3].

Общую величину притока тихоокеанских вод в Берингово море, полученную из данных теплового баланса, можно сравнивать с соответствующими характерными величинами (например, с расходом вод Куроисио в области его главной струи у южных берегов Хонсю, а также с притоком тихоокеанских вод в другие дальневосточные моря). По определениям Масузава [16], расход Куроисио составлял в 1951—1953 гг. около $1\,500\,000\text{ км}^3$ в год. Свердруп определяет величину переноса вод Куроисио в $2\,000\,000\text{ км}^3$. Полученная нами величина притока тихоокеанских вод в Берингово море составляет $150\,000\text{ км}^3$ или 8% расхода Куроисио. Для Охотского моря нами из данных теплового баланса и по формулам смешения получено, что приток тихоокеанских вод в море составляет по меньшей мере $70\,000\text{ км}^3$ в год. Миядзаки [17] определил, что в Японское море Цусимским течением ежегодно вносится немногим более $50\,000\text{ км}^3$. При всей относительности этих данных очевидно, что приток тихоокеанских вод в Берингово море значительно превосходит приток этих вод в Японское и Охотское моря.

Балансовые расчеты дают возможность судить лишь в самых общих чертах о структуре водообмена Берингова моря с Тихим океаном.

Для выяснения природы водообмена Берингова моря с Тихим океаном необходимо ответить на два вопроса: 1) каковы возможности подхода ветвей тихоокеанских течений к проливам южной окраины Берингова моря и 2) какие силы, действующие в самом море, могут обеспечить энергичное вторжение тихоокеанских вод в Берингово море.

Выше было указано, что на некоторых современных схемах [8 и 9], представляющих результат статистической обработки большого количества разнородных по своему качеству и разновременных материалов наблюдений, показан подход тихоокеанских вод с юго-востока к районам восточной части Алеутской гряды. Но на этих схемах не отражена возможность подхода тихоокеанских вод с юга к районам юго-западной окраины Берингова моря, т. е. не показано течение, которое некоторые

* При учете эффекта межслойного трения необходимо иметь в виду значительную переслоенность вод моря не только в верхних слоях, но и во всей их толще.

японские авторы называют северной ветвью Куроисио. Наоборот, проливы юго-западной окраины моря выглядят на этих схемах как сточные и потоки вод южного направления прослеживаются на достаточно большом удалении от этих проливов.

С применением гидродинамических методов изучения течений океана стало ясным, что строение их на северной окраине Тихого океана более сложно, чем показано на упомянутых схемах. Так, на схеме полных потоков Мунка для северной половины Тихого океана [18] субполярный вихрь не является однородным. Его западная окраина образована самостоятельным круговоротом циклонической ориентировки. Деятельность этого вихря может обеспечивать прямой подток вод с юга к юго-западной окраине Берингова моря и, в частности, к району пролива между Командорскими и Ближними о-вами, а поток вод на западной периферии вихря образует сточное течение на юг вдоль берегов Камчатки и северных Курильских о-вов. Кроме того, на схеме показано, что близмеридиональные потоки возможны и в средней части субполярного вихря.

Для большей детализации строения полных потоков вблизи Алеутской гряды автором совместно с А. Г. Сарвилиной были сделаны расчеты, исходя из известного уравнения

$$\nabla^4 \psi = -M \nabla^2 P, \quad (1)$$

где ψ — функция тока полного потока;
 P — атмосферное давление.

Величина коэффициента латерального трения была принята равной 10^8 г/см · сек. Расчеты по уравнению (1) велись относительно полосы,

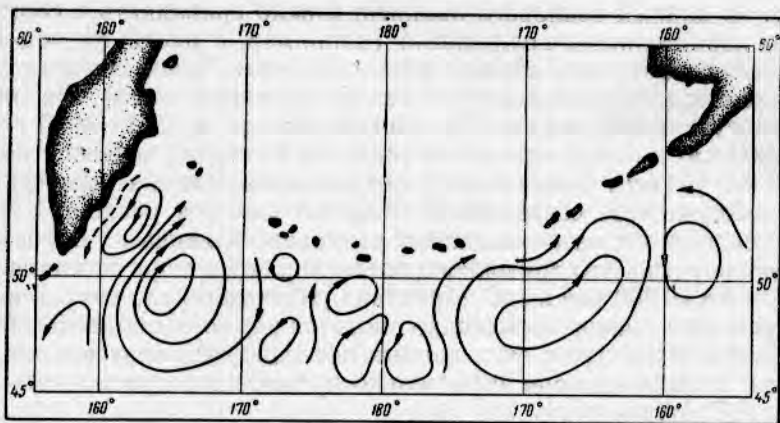


Рис. 1. Схема вихрей в тихоокеанском приалеутском районе.

вытянутой в широтном направлении от берегов Аляски до Камчатки и Курильских о-вов. Это позволило пренебречь меридиональной производной параметра Кориолиса и свести задачу Мунка к известному решению В. Б. Штокмана. Граничные условия задавались, исходя из скольжения, т. е. на контуре S

$$(\psi)_s = 0 \text{ и } (\nabla^2 \psi)_s = 0. \quad (2)$$

На твердой границе они удовлетворяются автоматически, а на жидкой южной границе эти условия удовлетворялись, исходя из предположения, что полные потоки исчезающе малы во всей области южной окраины Северного Тихоокеанского течения. Уравнение (1) с граничными условиями (2) решалось численными методами.

Схемы полных потоков, построенные на основании этих расчетов, показывают (рис. 1), что вблизи Алеутской гряды с тихоокеанской ее сто-

роны ветровые процессы приводят к образованию серии больших и малых вихрей. Два из них по своей интенсивности и масштабам могут иметь особое значение для обеспечения подтока тихоокеанских вод к районам проливов Алеутской гряды. Первый из них прилегает с юга к предпроливному району между Командорскими и Близкими о-вами, а второй — к проливам восточной и отчасти средней части островной гряды. В теплое время (летом) интенсивность первого вихря, определяемая величинами функции тока полного потока, вдвое меньше интенсивности второго вихря. Это может означать, что летом подток тихоокеанских вод к проливам восточной части Алеутской гряды будет большим, чем подток их к проливам юго-западной окраины моря. В холодное время года (зимой) интенсивность первого вихря больше и это указывает на относительное увеличение подтока тихоокеанских вод в это время к районам юго-западной окраины моря. Если схема движения вод, полученная этим способом, отражает в основных чертежах действительное распределение потоков, то численные результаты расчетов представляются заниженными почти вдвое. Видимо, это является результатом неточного определения граничных условий и пренебрежением эффекта плотностной диффузии.

Для определения подтока тихоокеанских вод к южной окраине Берингова моря можно также воспользоваться результатами расчета течений в северной половине Тихого океана, сделанным на кафедре физики моря Дальневосточного государственного университета З. Ф. Гуриковой [6].

Приведенные результаты расчета течений гидродинамическими методами указывают на возможность подтока тихоокеанских вод к различным районам южной границы Берингова моря, причем наибольший подток относится к упомянутым двум районам. Но этот подток вод, определяемый строением среднего многолетнего поля ветров или атмосферного давления, только создает предпосылку для водообмена, т. е. условие необходимое, но недостаточное. Для развития энергичного водообмена между морем и океаном необходимо, чтобы в пределах самого моря действовали силы, обеспечивающие возможность непрерывного вторжения тихоокеанских вод в море.

Попытку связывать водообмен моря с океаном с разностью уровня [10] следует сразу признать несостоятельной. Во-первых, само распределение уровня моря и океана определяется динамическими причинами и в данном случае еще необходимо установить форму этой связи. Во-вторых, и это самое главное, даже при наличии разности уровня моря и океана могут формироваться лишь слабые потоки широтного, а не меридионального направления. А нас интересуют именно потоки меридионального направления.

Естественной является попытка рассчитать гидродинамическими методами циркуляцию течений в пределах самого моря, возникающую благодаря дрейфовому эффекту. Расчет чисто дрейфовой циркуляции течений Берингова моря по схеме А. И. Фельзенбаума [13] был сделан З. Ф. Гуриковой, Т. Т. Винокуровой и В. В. Натаровым. Было принято, что море полностью замкнуто и водообмена ни с Тихим, ни с Ледовитым океаном не существует.

Расчеты показали наличие летом 1959—1960 гг. циркуляции течений в Беринговом море общей циклонической ориентировки [7]. В основных чертах она совпадает с известными данными о распределении течений в море. Перенос вод в этой циркуляционной системе оказался равным всего $1,5 \times 10^6$ м³/сек, тогда как расчет переноса вод по данным динамических карт оказался значительно большим, порядка 5×10^6 — 7×10^6 м³/сек. Такое расхождение совершенно закономерно. Как известно, динамическим методом обработки океанологических наблюдений описывается сложившееся в море распределение течений независимо от рас-

смотрения причин, вызывающих эти течения. Следовательно, если одна часть массы воды в море движется в результате ветров, то другая — в результате водообмена с океаном. Во всяком случае, если на южных границах моря существуют и действуют силы, обеспечивающие вторжение тихоокеанских вод, то в пределах самого моря имеются условия для возникновения циклонической циркуляции течений.

Следует обратить внимание на особенности динамической активности атмосферы, например, на обострение ветровой деятельности в зонах островов и п-ова Камчатка.

В поле скоростей ветра действительно выделяются районы повышенной динамической активности атмосферы. Первый из них относится к самой юго-западной части моря между побережьем Камчатки и Близкими о-вами. Здесь почти в течение всего года отмечается широтная неравномерность ветрового поля. Основываясь на климатологических данных [11, 14], можно показать, что в холодное время года разность скоростей ветра на западной и восточной окраинах этого района составляет 5—7 м/сек, в теплое время года она меньше. Второй район, в котором также велика широтная неравномерность ветрового поля, относится к области проливов Лисьих и Андреяновских о-вов. Разность скоростей ветра между восточной и западной границами области составляет 3—4 м/сек в теплое время года, причем имеются два максимума скорости ветра в апреле и в августе. В холодное время года широтная разность скоростей ветра здесь несколько меньше. Исходя из распределения скоростей ветра или атмосферного давления, можно получить очень важный показатель динамической активности атмосферы — величину вертикальной составляющей вихря тангенциального напряжения ветра. Подсчеты, сделанные для всех районов южной окраины моря, показали, что именно в упомянутых районах rot_z имеет наибольшее значение по абсолютной величине.

Как известно, величина вертикальной составляющей вихря тангенциального напряжения ветра определяет основные черты движения вод в пределах бароклинного слоя. Совпадение максимальных значений rot_z и ареалов наибольшего дефицита тепла при расчете теплового баланса поверхности Берингова моря позволяет считать, что именно в этих районах развивается наиболее энергичный водообмен моря с океаном.

Количественное определение величины или объема тихоокеанских вод, входящих в Берингово море, по всей границе моря затруднительно и, прежде всего, из-за сложных гидрографических условий. По этой причине мы ограничимся определением величины полных потоков, а эта величина вполне достаточна для оценки водообмена лишь в одном из районов повышенных значений rot_z между побережьем Камчатки и Близкими о-вами.

Пусть вся эта область представляет собой глубокий «канал», протянувшийся с юго-запада на северо-восток. Западной границей канала служит генеральное направление побережья Камчатки; параллельная ей восточная граница проходит по касательной к о-ву Атту. Выбор общего направления канала определяется тем, что с ним совпадает преобладающее направление ветров почти во все сезоны. Внутри этого канала расположены Командорские о-ва, но их влияние на строение полных потоков будет учтено позднее. Пусть ось x направлена на северо-восток вдоль генерального направления побережья Камчатки, а ось y от побережья Камчатки через Командорские до Близких о-вов. Пусть ширина канала l , а длина L .

Условимся, что в пределах рассматриваемого канала приток тихоокеанских вод в море приблизительно равен стоку берингоморских

вод. Точно также необходимо принять, что здесь уравнивается обмен вод и в направлении оси y . В таком случае можно принять, что

$$\int_0^l \Phi_x dy = 0; \quad \int_0^l \Phi_y dx = 0, \quad (3)$$

где Φ_x — полный поток в направлении оси x ;

Φ_y — полный поток в направлении оси y ;

К условиям (3), которые выражают водный баланс в рассматриваемой области, необходимо присоединить еще требование постоянства объема в пределах этого канала, т. е.

$$\int_0^l \zeta(y) dy = 0.$$

В этом выражении функция $\zeta(y)$ представляет профиль уровенной поверхности в поперечном сечении канала вдоль оси y . Что касается вида этой функции, то он может быть установлен из рассмотрения сил, возбуждающих потоки вод, и нет необходимости устанавливать его заранее. Точно также мы не можем заранее определить наклон уровня моря в направлении этой же оси в любой точке поперечного сечения канала, т. е. будем считать, что $\gamma_y = \gamma_y(y)$. Что касается наклона уровня в направлении оси x или вдоль канала, то на основании расчетов В. Б. Штокмана [15], определившего, что уровень моря равномерно понижается от северной окраины Тихого океана в общем северном направлении, можно принять, что $\gamma_x = \text{const}$. Тогда уровенную поверхность в пределах канала можно представить в виде некоторой цилиндрической поверхности и рассчитывать полные потоки в этой области по схеме, разработанной В. Б. Штокманом [14] в его теории экваториальных противотечений.

Эту схему можно будет применить в том случае, если приток тихоокеанских вод через восточные проливы Алеутской гряды, где он достаточно велик, будет компенсироваться стоком берингоморских вод за пределами канала. Как показали тепловые расчеты и другие приведенные выше данные, можно принять, что приток и сток вод в указанных районах приблизительно балансируются. Кроме того, границы канала выбраны так, что в их пределах заключена главная циклоническая циркуляционная система течений глубоководной части Берингова моря. Все это может означать, что в области канала условия (3) и (4) существенно не нарушаются. Разумеется, это не означает, что не будет происходить передачи многих свойств вод, циркулирующих в канале, окружающим водам.

Теперь для применения схемы В. Б. Штокмана необходимо иметь выражение для поперечного профиля тангенциального напряжения ветра. Это выражение нетрудно получить, используя в качестве исходных данных сведения о средних многолетних значениях скорости ветра из климатологических материалов [11 и 14]. Проще всего искомую функцию представить в виде тригонометрического полинома и при помощи гармонического анализа определить необходимые константы. Все эти операции были проделаны для периода с сентября по апрель, исходя из того, что в течение большей части этого периода составляющая $\tau_x(y)$ почти целиком представляет полный ветровой поток. На рис. 2 показано распределение величины $\tau_x(y)$ по поперечному сечению канала от побережья Камчатки до Ближних о-вов. При дальнейших расчетах по упомянутой схеме толща вод полного потока принималась равной 1000 м, $\mu = 5 \times 10^2$ CGS, а величины, связанные с широтой места, глубиной моря и «глубиной трения» принимались постоянными.

В результате оказалось возможным вычислить функцию $\zeta(y)$ и построить профиль уровенной поверхности в поперечном сечении канала. На рис. 2 (верхняя часть) показан этот профиль как результат совмест-

ного действия равномерной и неравномерной составляющих тангенциального напряжения ветра. Анализ этой кривой приводит к очень важным заключениям о структуре водообмена в рассматриваемом районе, особенно в проливе между Командорскими и Ближними о-вами. В течение большей части года существует сложная система комплексных (дрейфовых и градиентных) полных потоков. Общее направление этих потоков непосредственно определяется из профиля функции $\zeta(y)$, претерпевающего естественный разрыв в зоне Командорских о-вов. В проливе между Командорскими и Ближними о-вами основной поток вод направлен из

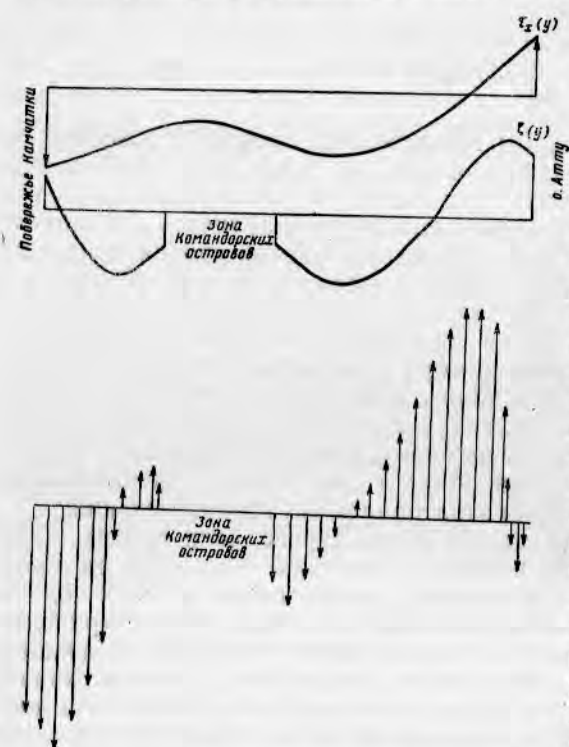


Рис. 2. Поперечный профиль тангенциального напряжения ветра $\tau_x(y)$, поперечный профиль уровня поверхности—функции $\zeta(y)$ и векторная схема полных потоков.

Тихого океана в Берингово море, а на западной и восточной окраинах пролива обнаруживаются сточные потоки берингоморских вод южного направления. Зная величины уклона поверхности моря в заданных точках поперечного сечения канала γ_y и величину продольного уклона γ_x , оказалось возможным определить величину полных потоков. Приток тихоокеанских вод через этот пролив за 8 месяцев составляет около $140\,000\text{ км}^3$, а сток через него берингоморских вод за это время — $30\,000\text{ км}^3$. Так как летом приток тихоокеанских вод через этот пролив уменьшается, а для лета нами также были сделаны соответствующие расчеты, то можно предполагать, что за год общий объем тихоокеанских вод, входящих в море через этот пролив, составляет величину порядка $170\,000\text{ км}^3$. Сток же берингоморских вод через этот пролив по его окраинам составляет за год около $50\,000\text{ км}^3$. Камчатский пролив является по преимуществу сточным, только на самой восточной его окраине представлен поток вод, направленный из океана в море. За те же 8 месяцев сток берингоморских вод через Камчатский пролив определяется величиной порядка $120\,000\text{ км}^3$, а в пересчете на год — немногим менее $140\,000\text{ км}^3$. Приток же тихоокеанских вод через восточную часть Камчатского пролива в Берингово море составляет за год от $10\,000$ до $20\,000\text{ км}^3$. Схема полных потоков в этом районе приведена в нижней части рис. 2.

В результате расчетов оказалось, что приток тихоокеанских вод в области канала значительно больше его величины, определенной другими способами, упомянутыми выше. Оценка порядка величины скорости течений, которые должны были бы наблюдаться при таких значениях полных потоков, несколько больше наблюдаемых навигационными способами и при помощи динамического метода. Однако, если принять во внимание также приток тихоокеанских вод через проливы восточной и средней Алеутской гряды, то порядок величин суммарного притока тихоокеанских вод будет $8 \cdot 10^6\text{ м}^3/\text{сек}$. Выше было указано, что по данным ди-

динамического метода объем вод, переносимых в системе общей циклонической циркуляции течений Берингова моря, рассчитываемый по динамическим картам, имеет тот же порядок. К нашим результатам необходимо прибавить объем вод в общей циркуляционной системе моря, возникающей под действием локального ветрового поля. Этот поток составляет около $1,5 \cdot 10^6$ м³/сек. Тогда наши результаты можно считать завышенными всего на 10—15%, что вполне допустимо при принятой приближенности определения исходных данных о ветрах.

В результате наших расчетов установлено, что природа водообмена Берингова моря с Тихим океаном через проливы юго-западной окраины моря связана с его поперечной относительно направления водных потоков неравномерностью поля скоростей ветра.

К сожалению, подобного рода расчеты трудно сделать для восточных проливов гряды. Проливы здесь узкие, и мы не имеем возможности определить в этих случаях поперечную неравномерность ветрового поля.

Полученные результаты были основаны на средних многолетних данных о ветровом режиме. Но сам ветровой режим включает временные, в том числе и многолетние вариации, что в свою очередь влияет на водообмен. Главной причиной роста относительной величины водообмена через восточные проливы Алеутской гряды является изменение неравномерности поля скоростей ветра.

Правильное определение структуры водообмена Берингова моря с Тихим океаном имеет вполне определенное значение для создания надежных представлений о распределении промысловых животных и их кормовых полей в пределах моря. Но эти представления будут иметь самый общий характер, если при этом не будет учтена динамическая структура вод моря. Речь идет о завихренности поля скоростей течений [4], с которой непосредственно связаны области промысловых скоплений, или же кормовых полей, или того и другого вместе. Такую локальную завихренность трудно, даже не всегда возможно связывать с завихренностью поля скоростей ветра. Локальная завихренность поля скоростей морских течений определяется динамическими преобразованиями самих морских течений и требует в случае динамики течений Берингова моря специального исследования как теоретического, так и опытного.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Из данных теплового баланса следует, что приток тихоокеанских вод в море осуществляется, главным образом, через пролив между Командорскими и Ближними о-вами и в меньшей мере — через восточные проливы Алеутской гряды.

2. Для изучения структуры и природы водообмена через проливы юго-западной окраины моря была применена схема расчета полных потоков по модели В. Б. Штокмана. Результаты расчетов показали, что приток тихоокеанских вод через проливы юго-западной окраины моря составляет около 200 000 км³ за год, что на 50 000 км³ больше величины, полученной из соображений теплового баланса, и вдвое больше величины притока, полученной А. К. Леоновым.

Установлено, что природа водообмена Берингова моря с Тихим океаном связана с неравномерностью поля ветра, а именно, с его широтной неравномерностью.

Несмотря на известную условность выделения в рассматриваемом районе канала, в пределах которого сохраняются условия водного баланса и постоянство объема вод, количественные результаты оказываются сравнимыми с данными наблюдений.

3. Определение структуры и природы водообмена теоретическими методами открывает возможности для создания представлений об основ-

ных чертах динамики вод Берингова моря, что в свою очередь означает возможность создания необходимой гидродинамической основы для изучения гидробиологических и ихтиологических особенностей Берингова моря.

Автор считает своим приятным долгом выразить признательность студентке ДВГУ Э. А. Иващенко, принявшей участие в вычислительных работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баталин А. М. Тепловой баланс дальневосточных морей. Известия АН СССР. Серия геофиз. № 7, 1959.
2. Баталин А. М. Опыт расчета теплового баланса Берингова моря. Тр. Океанограф. комиссии. Т. 7. Изд-во АН СССР, 1960.
3. Баталин А. М. Вопросы меандрирования Куроисио. «Океанология», Т. I. Вып. 6, 1961.
4. Баталин А. М. Вихреобразование в области Куроисио и его влияние на рыбный промысел. Материал VII научной конференции Дальневост. гос. ун-та, 1962.
5. Васюкова Н. Г. Тепловой баланс поверхности рыбопромысловых районов Берингова моря. (Публикуется в настоящем сборнике).
6. Гурикова З. Ф. К вопросу о расчете течений поверхностного слоя вод северной части Тихого океана. Известия АН СССР. Сер. геофиз., № 9, 1962.
7. Гурикова З. Ф., Винокурова Т. Т. и Натаров В. В. Схема ветровой циркуляции течений Берингова моря в августе 1959 и 1960 г. (Публикуется в настоящем сборнике).
8. Добровольский А. Д. Карты поверхностных течений северной части Тихого океана. Тр. Ин-та океанол. Т. 3. М., 1949.
9. Леднев В. А. и Муромцев А. М. Течения Тихого океана. Морской атлас. Т. 2. Л., Изд. ВМФ, 1953, л. 30 и 31.
10. Леонов А. К. Региональная океанография. Ч. I, Гидрометеиздат, 1960.
11. Морской атлас. Т. 2. Л., Изд. ВМФ, 1953, л. 23 и 24.
12. Ратманов Г. Е. К гидрологии Берингова и Чукотского морей. Иссл. морей СССР. Вып. 25. ГИМИЗ, 1937.
13. Фельзенбаум А. И. Теоретические основы и методы расчета установившихся морских течений. М., Изд. АН СССР, 1960.
14. Штокман В. Б. Экваториальные противотечения в океанах. Гидрометеиздат, 1948.
15. Штокман В. Б. Влияние ветра на течения в Беринговом проливе. Тр. Ин-та океанол. Т. XXV, 1957.
16. Masuzawa J. On the Kuroshio south off Shiono—Misaki of Japan. Oceanograph. Magazine. Vol. 6, № 1, Tokyo, 1954.
17. Miyasaki M. The heat budget of the Japan Sea. Bulletin of Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory. Joichi Hokkaido, Japan, 1952.
18. Munk W. On the wind-driven oceanic circulation. «Journ. of Meteorol». Vol. 7, № 2, 1950.
19. Schulz W. Die Strömung und die Temperatur-Verhältnisse des Stillen Oceans nördlich von 40 N-W. einschliesslich des Bering Meers. Annal. d. Hydr. H. VI, 1911.
20. Sugiura J. Oceanographic conditions in the North western North Pacific based upon the data obtained on board the Kamahashi from 1934 to 1936 (in Japanese). J. of the Ocean. Society. Vol. 14, № 3, Okt., 1958.

Том XLIX	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

551.468.3(266.3)

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЛИВА АЛЯСКА

А. Ф. Плахотник

ВНИРО

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени достаточно четко определились два района открытых вод зал. Аляска, наиболее перспективных с точки зрения советского рыбного промысла:

верхняя часть материкового склона и некоторые участки шельфа западной части залива, район промысловых скоплений донных рыб, главным образом морского окуня;

акватория открытых вод восточной части залива к западу от о-вов Королевы Шарлотты и о-ва Ванкувер, район промысловых скоплений пелагических рыб, главным образом сельди.

Статья посвящена в основном первому из указанных районов. В ней поставлено и разрешено несколько вопросов из числа тех, которые обычно входят в гидрологическую характеристику какой-либо акватории.

Материалом для настоящей работы послужили результаты отечественных гидрологических исследований залива, выполненных с участием автора в различные сезоны в период с 1960 по 1962 г. включительно*.

Кроме того, нами использованы материалы отдельных гидрологических наблюдений, сделанных во время проведения ихтиологических исследований в заливе.

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ ЗАЛИВА АЛЯСКА

Зал. Аляска — большой, открытый и очень глубокий залив северо-восточной части Тихого океана, омывающий берега п-ова Аляска.

Воды зал. Аляска свободно сообщаются с водами прилегающей части Тихого океана, поэтому южная граница залива проводится условно по линии, соединяющей юго-западную и юго-восточную оконечности залива. Юго-западной оконечностью зал. Аляска обычно принято считать район о-в Унимак — о-ва Шумагина, а его юго-восточный — район о-вов Королевы Шарлотты. В границах, принятых в Морском атласе [7], площадь зал. Аляска равна 1 327 000 км², а объем вод — 3 226 000 км³.

* Обзор зарубежных работ по гидрологии зал. Аляска сделан нами в ранее опубликованной работе [10].

Побережье зал. Аляска гористо, хребты североамериканских Кордильер подходят здесь к самому берегу и круто обрываются в океан. На склонах гор, обращенных к заливу, к северу от 58° с.ш. имеется множество больших и малых ледников, часть из которых сползает до уреза воды.

Вдоль берегов Аляски и Британской Колумбии рассеянно большое число островов, небольших островков и отдельных возвышающихся над уровнем моря скал — их здесь несколько тысяч. В западной части зал. Аляска находится самый крупный из его островов — Кадьяк (площадь 9,2 тыс. км²).

На схематической карте рельефа дна зал. Аляска (рис. 1) видно, что его материковый склон, как правило, очень крут, особенно в западной части залива, где часто на расстоянии 10—20 миль от изобаты 1000 м глубина достигает 3000 м и более. Другой характерной чертой материкового склона зал. Аляска является сложность его строения, сильная изрезанность подводными каньонами.

Средняя глубина зал. Аляска равна 2431 м, максимальная — 5659 м.

Внешняя граница шельфа зал. Аляска, согласно исследованиям Д. Е. Гершановича (ВНИРО), обычно находится на глубине около 150 м с опусканием в восточной части залива до 170—180 м и даже до 200 м и более. Шельф очень узок. Вдоль берегов располагаются лишь отдельные сравнительно широкие мелководья, причем все в западной части залива. Это банка Портлок к востоку от о-ва Кадьяк, отмель Альбатрос к югу от этого же острова, отмель Санак к востоку от пролива Унимак и некоторые другие меньших размеров. Самое большое расстояние, на которое отстоит от берега изобата 1000 м, составляет 130 миль (на траверзе банки Портлок).

В зал. Аляска выносятся свои воды множество мелких рек, которые полноводны круглый год (благодаря смешанному питанию — снеговому, ледниковому и дождевому), особенно летом во время таяния снега и ледников на побережье северной части залива и интенсивных дождей в его южной части. Зал. Аляска и прилегающие к нему с юга воды океана — самые влажные места в пространстве 40—60° с.ш., кольцом опоясывающим земной шар. Годовая сумма осадков зачастую составляет здесь 1500—3000 мм, а на обращенных к океану склонах горных хребтов даже 4000—5000 мм и более. В среднем в зал. Аляска осадки выпадают в течение 16 дней в месяц, а осенью в восточной части залива в течение месяца наблюдаются 26 дней с осадками.

Влага, в изобилии поступающая в зал. Аляска в виде осадков и берегового стока, испаряется не очень интенсивно. Годовое количество испаряющейся воды в северо-западной части залива составляет менее 500 мм и лишь в юго-восточной его части несколько превышает 500 мм (доходит до 750 мм). На рис. 2 по Джекобсу [20] нанесены изолинии величин превышения осадков над испарением, выраженных в сантиметрах в год. Мы видим, что только южнее 40° с.ш. в Тихом океане испарение превышает осадки южнее изолинии 0. Севернее 40° с.ш. и особенно в зал. Аляска количество влаги, выпадающей в виде осадков, все более и более превышает количество испаряющейся влаги, причем это превышение становится особенно значительным (более 90 см в год) в районе, прилегающем к архипелагу Александра и о-вам Королевы Шарлотты.

Характерной чертой распределения атмосферного давления над акваторией зал. Аляска является его общее повышение в направлении с севера на юг, что связано с существованием в районе, прилегающем к Алеутским о-вам, глубокой Алеутской депрессии, а в субтропиках северо-восточной части Тихого океана — обширного антициклона — северотихоокеанского максимума.

В наличии этих основных форм барического рельефа, а также в изме-

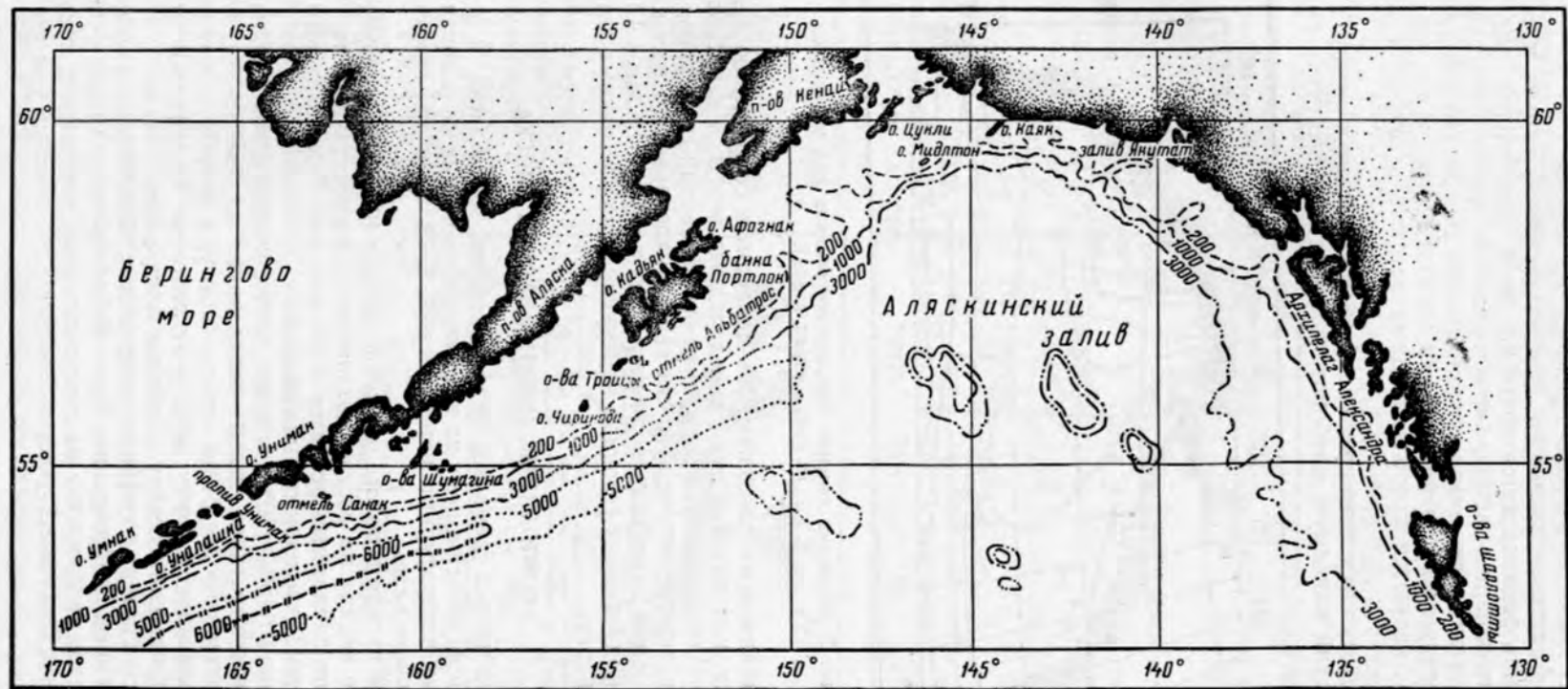


Рис. 1. Схема рельефа дна зал. Аляска.

нении их интенсивности и взаимного расположения заложена главная причина особенностей ветрового режима зал. Аляска.

Зимой Алеутская депрессия развита особенно сильно и ее юго-восточная часть располагается почти над всей акваторией зал. Аляска. В итоге юго-западные ветры, характерные как для юго-восточной части депрессии, так и для северо-западной части северотихоокеанского максимума (центр которого в это время отходит далеко к юго-востоку от депрессии), являются преобладающими ветрами в открытой части залива.

Летом Алеутская депрессия ослабевает и отходит к северу, а северо-тихоокеанский максимум, наоборот, усиливается и его центр смещается

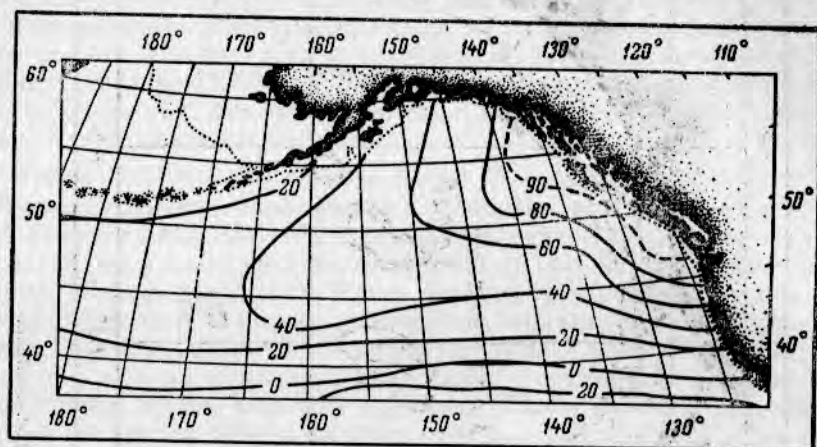


Рис. 2. Изолинии величин превышения осадков над испарением (в сантиметрах в год).

в северо-западном направлении. Это приводит к сокращению акватории зал. Аляска, над которой дуют юго-западные ветры, и к распространению над юго-восточной частью залива северо-западных ветров, характерных для северо-восточной части северотихоокеанского максимума.

Эти сезонные изменения поля ветра над акваторией зал. Аляска в основном и определяют сезонные изменения поля постоянных течений на его поверхности.

ПОСТОЯННЫЕ ТЕЧЕНИЯ ЗАЛИВА АЛЯСКА

В общих чертах схема постоянных течений зал. Аляска и непосредственно прилегающей к нему на юге акватории океана на основании многочисленных литературных источников [7, 8, 16, 23 и др.] представляется в следующем виде.

В Тихом океане в полосе примерно между 40 и 50° с. ш. имеет место поток вод с запада на восток, создающийся господствующими в этих широтах юго-западными ветрами и называемый Тихоокеанским дрейфом (Северо-Тихоокеанским течением).

Примерно от 150—140° з. д. и чем ближе к берегу, тем в большей мере воды Тихоокеанского дрейфа дивергируют на два потока, один из которых постепенно все более отходит к югу, а другой — к северу. Воды, направляющиеся к югу, образуют холодное Калифорнийское течение, а воды, идущие к северу, — теплое Аляскинское течение.

Двигаясь к северу от района дивергенции, Аляскинское течение вскоре под влиянием конфигурации береговой черты зал. Аляска существенно меняет свое направление на северо-западное, западное и, наконец, на юго-западное. Последний участок Аляскинского течения, там где его во-

ды движутся вдоль северных Алеутских о-вов, называют Алеутским течением. Часть из этих вод через Алеутские проливы выносится в Берингово море, а остальные, продолжая движение на юго-запад, а затем на юг, в конечном счете вливаются в основной поток Тихоокеанского дрейфа. Таким образом, в целом воды Аляскинского течения описывают полный циклонический круговорот.

Площадь, занимаемая Аляскинским круговоротом, а также зона дивергенции Тихоокеанского дрейфа на Калифорнийское и Аляскинское течения подвержены сезонной изменчивости в соответствии с сезонной изменчивостью поля ветра над этой частью Тихого океана.

Зимой под воздействием ветров, попутных потокам Аляскинского круговорота, сначала (в открытом море) западных и юго-западных, затем (при приближении к берегу и продвижении вдоль него на север) южных, юго-восточных и восточных, этот круговорот занимает наибольшую площадь — примерно от 42° с. ш. до берегов Аляски, а зона дивергенции Тихоокеанского дрейфа занимает крайнее южное положение — примерно около 42° с. ш. (рис. 3а).

Летом вследствие значительного сокращения акватории, над которой дуют попутные Аляскинскому течению юго-западные ветры, и развития к югу от 50° с. ш. противоположных по направлению этому течению (и попутных

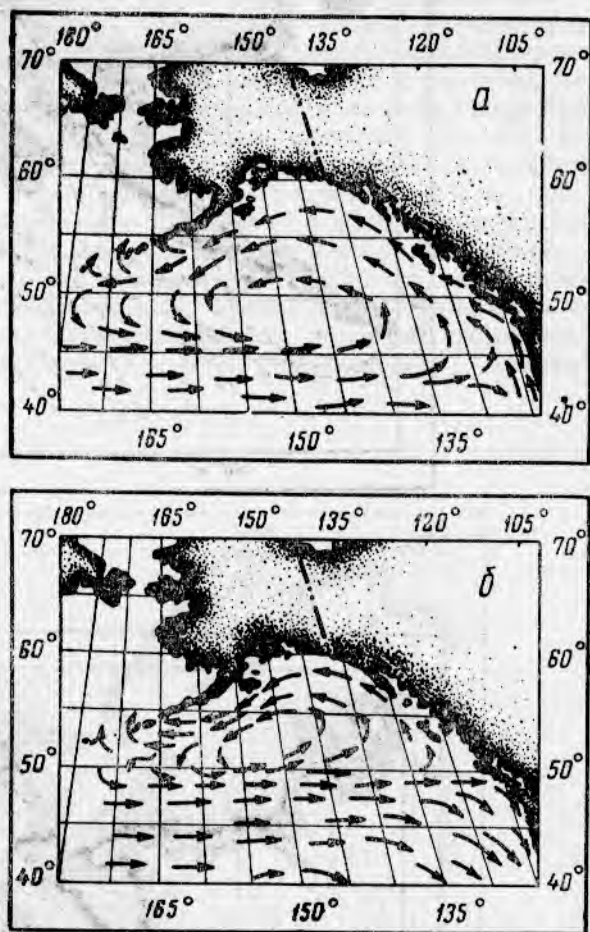
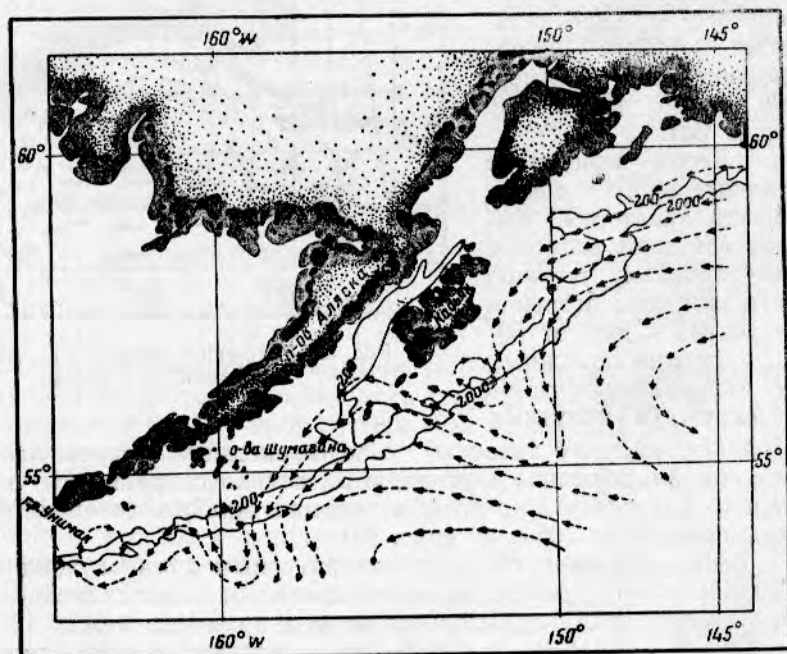
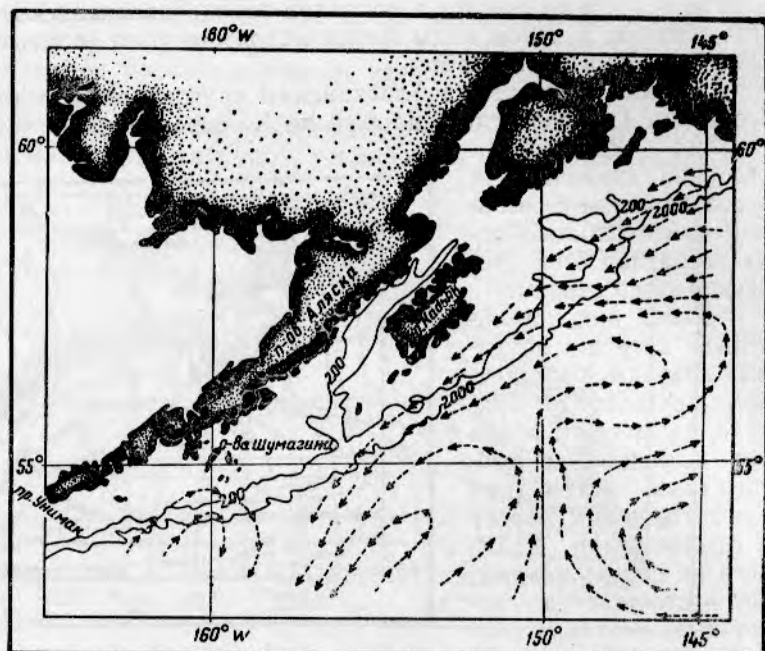


Рис. 3. Постоянные течения зал. Аляска:
а — зимой; б — летом.

Калифорнийскому течению) северо-западных ветров площадь, занимаемая Аляскинским круговоротом, сильно сокращается, а зона дивергенции Тихоокеанского дрейфа занимает крайнее северное положение — примерно около 50° с. ш. (рис. 3б).

Таким образом, согласно литературным данным, зона дивергенции Тихоокеанского дрейфа на Калифорнийское и Аляскинское течения на протяжении года перемещается по дуге примерно между 42 и 50° с. ш.

Схемы течений, построенные на основании динамической обработки наблюдений над температурой и соленостью во время гидрологических съемок Аляскинского залива, позволили существенно конкретизировать общую схему Аляскинского круговорота по отдельным его участкам и для отдельных сезонов.



Прежде всего нас интересует конкретизация схемы Аляскинского течения в западной части залива примерно от района залива Якутат — о-в Каяк до Приуникаского района, поскольку на этом протяжении необходимо проследить связь между Аляскинским течением и районами обнаруженных советскими ихтиологами промысловых скоплений донных рыб.

На рис. 4 приведены схемы поверхностных течений, построенные нами на основании динамической обработки наблюдений над температурой и соленостью, выполненных в западной части зал. Аляска.

При рассмотрении схем течений можно отметить, во-первых, сложный вихревой характер Аляскинского течения, а во-вторых, существенные различия в размерах, форме и положении халистатической зоны в центральной части залива от одного периода наблюдений к другому. Аляскинское течение в западной части залива в общем на всем своем протяжении выдерживает генеральное направление движения (см. рис. 3) — с северо-востока на юго-запад, т. е. вдоль простирания материкового склона, к которому как бы «прижимается» его основной поток. Однако на отдельных участках своего пути благодаря сложной конфигурации изобат материкового склона и внешней границы шельфа это течение резко отклоняется то влево, то вправо. При этом создаются соответственно то антициклонические, то циклонические искривления линий тока в поле течений, из которых при дальнейшем развитии процесса формируются соответствующие (антициклонические или циклонические) замкнутые круговороты течений.

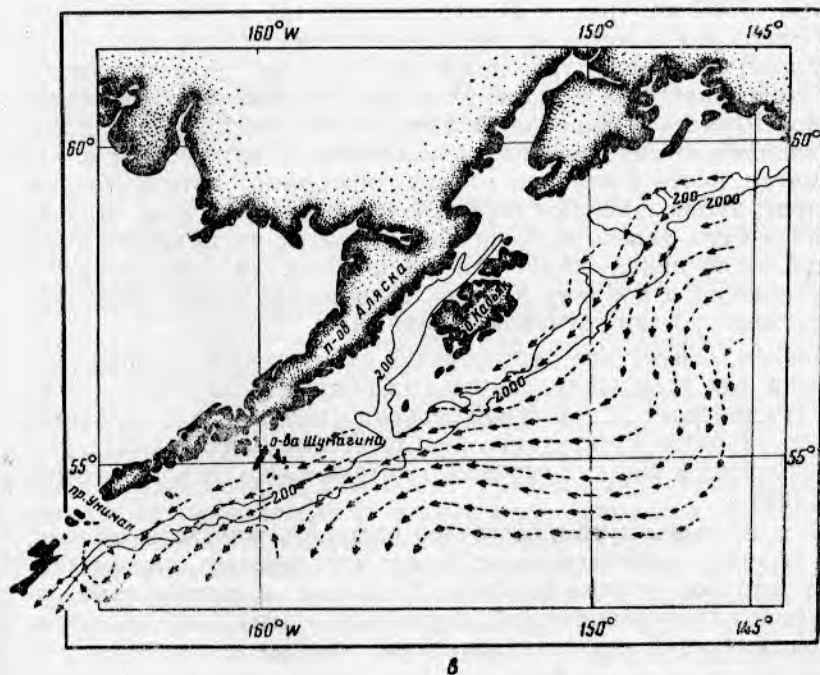


Рис. 4. Схемы поверхностных течений по данным:
а — апрель—май 1961 г., СРТ «Первенец»; б — октябрь 1961 г.,
СРТР «Орлик»; в — январь 1962 г., СРТР «Орлик»

Так как основной поток течения испытывает сложное меандрирование и то подходит к берегу, то отходит от него, образующиеся в поле этого потока искривления линий тока и круговороты в иные периоды наблюдений обнаруживаются над другими, соседними, участками дна по сравнению с тем, где они были в предыдущие периоды, а на их месте зачастую образуются искривления или полные круговороты противоположного характера.

Мы видим, что весной 1961 г. (рис. 4 а) кинематика поверхностных течений западной части зал. Аляска была довольно сложной. Среди нескольких круговоротов крупного масштаба обращает на себя внимание антициклонический круговорот течения к югу от о-вов Шумагина. В него вовлечены воды не только открытой части залива, но и материкового склона и прилегающей части шельфа. Летом этого года картина течений продолжала оставаться не менее сложной, чем весной.

Осенью 1961 г. (рис. 4 б) схема поверхностных течений в западной части зал. Аляска несколько упростилась по сравнению с весенней схемой: антициклонический круговорот к югу от о-вов Шумагина значительно уменьшился в размерах; халистатическая зона хотя и продолжает быть разорванной на две части двумя большими круговоротами центральной части залива, но эти круговороты имеют уже не противоположное направление движения как весной, а единое, причем наиболее естественное для них — циклоническое, обнаруживая явную тенденцию к слиянию.

Важным элементом осенней 1961 г. схемы поверхностных течений в западной части зал. Аляска является появление из нее еще двух антициклонических круговоротов — к юго-востоку от о-ва Кадьяк и к юго-востоку от пролива Унимак.

Зимой 1961—1962 гг. (рис. 4 в) картина течений в западной части зал. Аляска стала уже заметно проще. Слились воедино два циклонических круговорота, ранее оконтуривавшие два участка халистатической зоны. Исчез уменьшавшийся в размерах антициклонический круговорот к югу от о-вов Шумагина (правда, вблизи его местонахождения наметился противоположно направленный циклонический круговорот) и, что особенно заметно, почти совершенно исчез обширный антициклонический круговорот, наблюдавшийся осенью к юго-востоку от о-ва Кадьяк (от него остался лишь далеко вдающийся в открытую часть залива антициклонический изгиб линий тока). Антициклонический круговорот в районе, прилегающем к проливу Унимак, сохранился, лишь несколько сместившись к западу (к югу от о-вов Креницына).

Таким образом, совместное рассмотрение схем течений западной части зал. Аляска для трех последовательных сезонов позволяет сделать заключение, что наиболее характерной особенностью этих схем является возникновение, развитие и затухание иногда весьма значительных вторичных круговоротов в системе основного потока Аляскинского течения этой части залива.

Еще раньше, на своем пути в восточной части Аляскинского залива, Аляскинское течение также связано с рядом круговоротов, самым значительным из которых, а также наиболее близким к изучаемой нами акватории является антициклонический круговорот к западу от архипелага Александра, имеющий квазистационарный характер.

Для северо-западной части Тихого океана, точнее для зоны Куро-сио, вопрос о возникновении вторичных круговоротов течения затронут А. М. Баталиным [1]. По Баталину вихреобразование, связанное с меандрированием главной струи Куро-сио, происходит как в многолетнем, так и в сезонном аспекте. Образование и развитие относительно кратковременных вихрей, аналогичных тем, которые мы рассмотрели выше в системе Аляскинского течения, А. М. Баталин объясняет сезонными изме-

нениями величин горизонтального и вертикального трения в течении, но как и почему происходят эти изменения не объясняет.

Значительное число вторичных круговоротов в системе основного циклонического течения характерно также и для соседнего с зал. Аляска бассейна — Берингова моря. В. В. Натаров отмечает, что «самым сложным вопросом динамики течений (Берингова моря — А. П.) остается вопрос о существовании и закономерностях формирования мелких круговоротов, особенно в глубоководной зоне моря» [9]. Но он также не объясняет возможные причины этого процесса.

Вообще ни одна работа, посвященная динамике вод северо-восточной части Тихого океана, не разбирает генезиса вторичных круговоротов постоянных течений, несмотря на то что это может значительно прояснить связанные с рассматриваемыми круговоротами и имеющие важное рыбопромысловое значение биологические процессы.

Приведем нашу гипотезу относительно возможных причин возникновения и изменения круговоротов в системе постоянных течений западной части зал. Аляска.

Проще всего, на наш взгляд, выяснить причины появления тех больших круговоротов в центральной части залива, которые мы видели на рис. 4 а и б. Поскольку их появление, развитие и затухание отмечено лишь в поверхностных слоях воды (схемы течений для глубинных горизонтов имеют в центральной части зал. Аляска гораздо более простой характер), а небольшие скорости (близость халистатической зоны) всегда характеризуются большой изменчивостью направления, можно полагать, что главной причиной создания и изменения вторичных круговоротов в центральной части залива являются изменения поля атмосферного давления, а вслед за ним и поля ветра над заливом и прилегающими к нему районами.

Сложнее объяснить более мелкие круговороты и значительные изгибы линий тока в поле течений под материковым склоном зал. Аляска, поскольку эти круговороты и изгибы линий тока прослеживаются до очень значительных глубин*, а в верхней части склона и на прилегающих к нему участках шельфа — до дна. Можно предположить следующее.

Границе между шельфом и очень крутым материковым склоном западной части зал. Аляска в водной толще соответствует раздел между водной массой мелководья и водной массой открытой части залива, приуроченной к данной толще. Поскольку указанные водные массы довольно заметно различаются по своим гидрологическим и гидрохимическим характеристикам, раздел между ними носит характер вторичного фронтального раздела гидросферы.

Так как водная масса открытой части залива имеет поступательное движение в виде Аляскинского течения, фронтальный раздел между ней и водной массой мелководья все время волнообразно изгибается и вдоль него, согласно общим законам гидродинамики, спорадически перемещаются цепочки вихревых возмущений, которые в развитом состоянии проявляются в виде замкнутых круговоротов течений.

При этом, поскольку значительные неровности дна оказывают существенное влияние на течения во всей толще вод над ними, над определенными местами материкового склона зал. Аляска, к которым относятся участки к юго-востоку от о-ва Кадьяк и в Приунимакском районе, по-видимому, создаются особенно благоприятные условия для образования и удержания круговоротов течений.

Работами советских исследовательских экспедиций ТИНРО и

* Например, на схеме суммарного переноса вод в зал. Аляска в слое 0—2000 м, построенной Е. Беннеттом [13], наиболее крупные круговороты и изгибы линий тока вдоль материкового склона изображаются так же отчетливо, как и на схемах поверхностных течений залива.

ВНИРО в зал. Аляска в последние годы были установлены связи между круговоротами течений и рядом биологических процессов.

Как любезно сообщил нам В. И. Тройнин (ТИНРО), скопления китов-горбачей (*Megaptera podosa*) в период нагула сосредоточены в основном к юго-востоку от о-ва Кадьяк, о-вов Шумагина и пролива Унимак. Это точно совпадает с районами антициклонических круговоротов на схеме течений (см. рис. 4 б).

Согласно исследованиям Т. Г. Любимовой [6], скопления морского окуня (*Sebastodes alutus*) в период нагула также приурочены к этим же круговоротам.

Эти очень важные связи, на наш взгляд, могут быть объяснены, исходя из представления о районах круговоротов в толще морской воды как об областях сложных вращательных движений водных частиц (по аналогии с представлением о движении воздушных частиц в основных формах барического рельефа атмосферы — циклонах и антициклонах).

Поскольку речь идет об антициклонических круговоротах, частицы воды в проекции на вертикальную плоскость опускаются в центральной части каждого из круговоротов с поверхности на глубину, движутся в глубинных слоях к периферии круговорота, поднимаются там на поверхность и возвращаются поверхностными потоками к центру. В проекции на горизонтальную плоскость частицы движутся по спирали (по часовой стрелке) от центра к периферии в глубинных слоях воды и от периферии к центру на поверхности.

Таким образом, если антициклонический круговорот вод располагается над внешней границей шельфа или хотя бы захватывает ее своим краем, обогащенные биогенными веществами придонные воды шельфа и верхней части материкового склона неизбежно оказываются вынесенными на поверхность в периферийной части этого круговорота, в то время как богатые кислородом поверхностные воды непрерывно опускаются ко дну шельфа и верхней части склона, в центральной части круговорота, поддерживая высокую степень аэрации придонных слоев воды этого района.

Исследования некоторых других авторов подтверждают наши предположения о том, что не только горизонтальная, но и вертикальная протяженность вторичных круговоротов (вихрей) течения вполне достаточна для осуществления важных с биологической точки зрения процессов обмена придонных, глубинных и поверхностных вод шельфа и верхней части склона. Так, А. М. Баталин в уже упоминавшейся нами работе [1], касаясь сезонных круговоротов в зоне Куро-Осио, пишет: «вертикальным движением в центральной части вихря была охвачена толща вод 200—250 м и более». Представление о круговоротах вод как о районах особенно интенсивных процессов перемешивания всей толщи вод в полосе, прилегающей к внешней границе шельфа, помогает объяснить и тот установленный работой советских экспедиций факт, что самым продуктивным и наиболее перспективным в рыбопромысловом отношении районом западной части зал. Аляска является его крайний западный район — к югу от пролива Унимак и северных Алеутских о-вов: Креницына, Уналашка, Умнак.

Прежде всего надо учесть одну из наиболее характерных физико-географических особенностей этого района: вторичный фронтальный раздел водных масс здесь особенно четко выражен по сравнению с другими районами шельфа и материкового склона зал. Аляска. Дело в том, что к водной массе Приуникамского мелководья, находящейся к северу от этого раздела, непрерывно поступают большие объемы распресненных и охлажденных вод поверхностных слоев восточной части Берингова мо-

ря*, намного увеличивающие горизонтальные градиенты солености и температуры, существующие между этой массой и более соленой и более теплой водой прилегающей части Аляскинского течения.

В итоге Аляскинское течение (а затем его продолжение — Алеутское течение), проходя над материковым склоном Приунимакского района, образует цепочку сравнительно небольших (20—30 миль в поперечнике), но очень интенсивных круговоротов всды как антициклонического, так и циклонического характера**. Эти круговороты являются очень существенным элементом интенсивного обмена вод и обеспечения исключительно благоприятных условий для развития зоопланктона, создания полей питания промысловых рыб и млекопитающих.

Как и для всякого другого течения, термическое ядро Аляскинского течения связано с его основным потоком и может быть обнаружено по графикам распределения температуры на разрезах поперек течения в виде замкнутой области, оконтуренной изотермой с наибольшими значениями температуры. При этом следует учитывать, что вполне четко термическое ядро течения проявляется лишь в холодное время года, а в теплое время года оно зачастую оказывается замаскированным прогревом вышележащих слоев воды.

При выявлении термического ядра Аляскинского течения в первую очередь были использованы повторные разрезы вдоль меридиана 145° в. д. Они важны тем, что по меридиану 145° з. д. может быть проведена условная граница между восточной и западной частями зал. Аляска и, следовательно, разрез вдоль этого меридиана контролирует вход Аляскинского течения из восточной части залива в западную.

Весной 1961 г. (9—10 мая) разрез на «Первенце» в этом районе пришелся примерно вдоль меридианов $143\text{—}142^\circ 30'$ з. д. (рис. 5а). Из рисунка видно, что в мае 1961 г. термическое ядро Аляскинского течения, оконтуренное замкнутой изотермой $6,2^\circ$ (максимальная температура внутри ядра $6,3^\circ$), проходило вблизи меридиана 145° з. д. на глубинах порядка 130—200 м на расстоянии примерно 60—100 миль от берега (между широтами $58\text{—}59^\circ 12'$ с. ш., ст. № 202—203).

22—24 октября 1961 г. примерно вдоль меридиана 145° з. д. был выполнен разрез на «Орлике» (рис. 5, б). Мы видим, что осенью 1961 г. термическое ядро Аляскинского течения, изображенное замкнутой изотермой, $5,8^\circ$ (в ядре максимальная температура около 6°) обнаруживается между ст. № 253—258, т. е. между широтами $58^\circ 30'\text{—}59^\circ 30'$ в интервале глубин 100—160 м. Таким образом, можно констатировать, что за полгода в районе меридиана 145° з. д. практически не изменилось простиранье по глубине термического ядра Аляскинского течения, очень мало изменилось его удаление от берега (всего миль на 30); теплосодержание в ядре изменилось также на небольшую величину, отражаемую изменением максимальной температуры в нем не более чем на $0,3^\circ$.

Малая изменчивость во времени термического ядра Аляскинского течения, видна на графике разреза вдоль меридиана 145° з. д., выполненного на «Орлике» 3—5 января 1962 г. (рис. 5в). Термическое ядро Аляскинского течения на этом графике, оконтуренное изотермой 6° (максимальная температура в ядре $6,3^\circ$), находилось в интервале глубин от 130 до 310 м между широтами $58^\circ 40'\text{—}59^\circ 30'$ с. ш. (между ст. № 15—17).

Мы видим, что в районе меридиана 145° з. д. через три месяца после октябрьского разреза максимальная температура в термическом ядре те-

* Известно, что восточные Алеутские проливы поставляют тихоокеанские воды в Берингово море, однако вследствие значительного развития приливо-отливных явлений в районе этих проливов обмен вод через них в значительной мере носит двухсторонний характер.

** Эта цепочка полностью не отражена на схематических картах рис. 4 из-за недостаточности наблюдений на ограниченных акваториях.

чения изменилась всего на $0,3^\circ$, само ядро сохранило то же удаление от берега*, и только углубление ядра стало заметно большим.

Поскольку разрез, изображенный на рис. 5 в, выполнен в период наибольшего развития зимней конвенции, термическое ядро Аляскинского течения выступает на этом рисунке вполне отчетливо отграниченным по

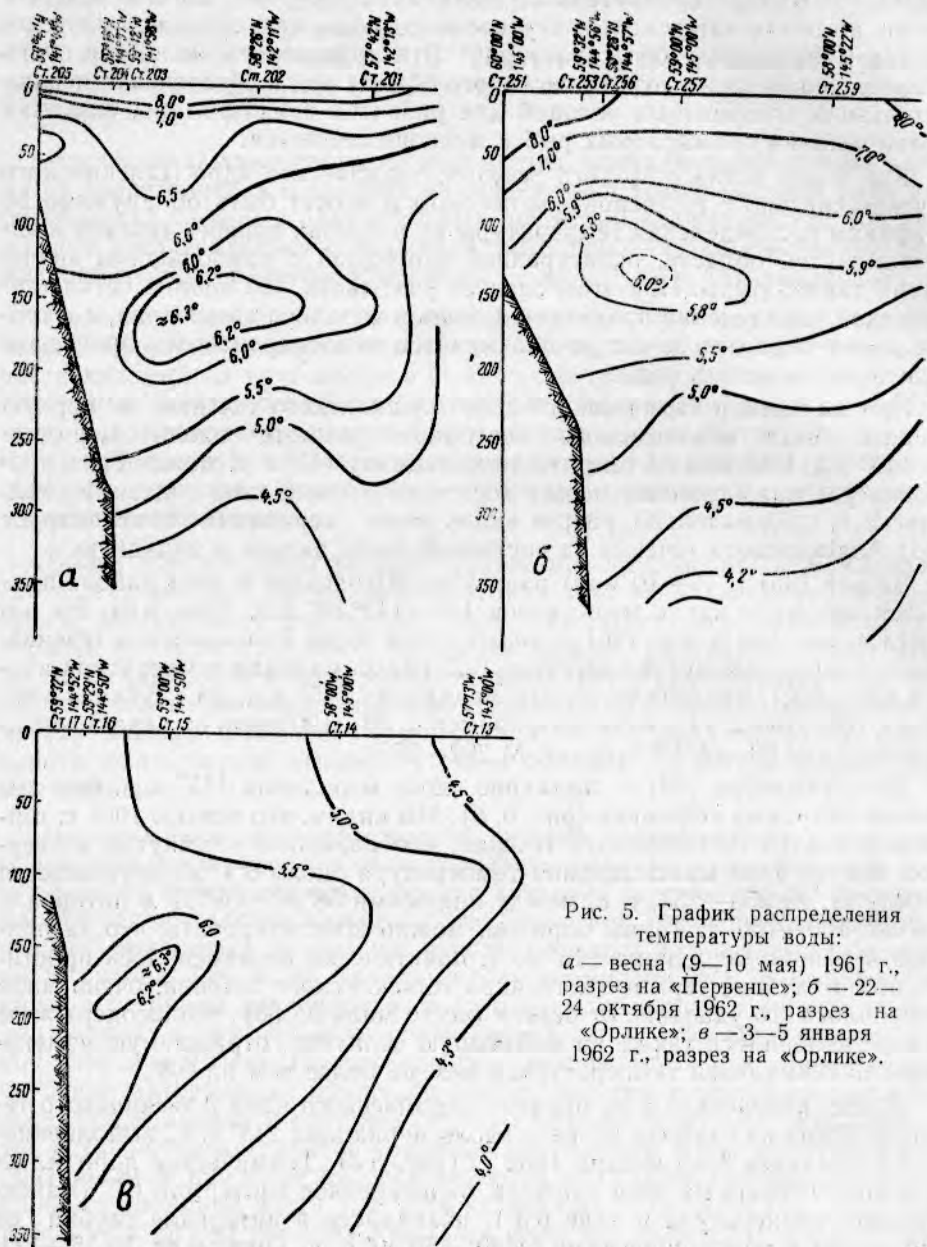


Рис. 5. График распределения температуры воды:
а — весна (9—10 мая) 1961 г., разрез на «Первенце»; б — 22—24 октября 1962 г., разрез на «Орлике»; в — 3—5 января 1962 г., разрез на «Орлике».

температурам не только от нижележащих, всегда более холодных вод, но также и от вышележащих вод, которым в этот период свойственны бо-

* Хотя в январе и в октябре расстояние термического ядра от берега на этом разрезе уменьшилось примерно на 20—30 миль по сравнению с тем, которое было в мае (см. приведенные выше координаты станций, между которыми зафиксировано ядро). Это, несомненно, связано с меандрированием Аляскинского течения в целом, в том числе и его термического ядра.

лее низкие температуры, чем ядру. В отличие от этого на графиках 5а и б ядро Аляскинского течения замаскировано сверху прогревом вод примерно до 8° , который в первом случае (весной) еще недавно образовался, а во втором случае (осенью) еще не успел исчезнуть.

Через два месяца после январского разреза на «Орлике» 2—3 марта 1962 г. на РТ «Пелагида» был выполнен разрез примерно вдоль меридиана 144° з. д. Материалы этого разреза показывают максимальную температуру в термическом ядре Аляскинского течения, равную $6,2^{\circ}$ (т. е. изменившуюся всего на $0,1^{\circ}$ по сравнению с январем), удаление ядра от берега примерно то же, что и в январе, но углубление его несколько меньшее — уже в интервале 120—250 м.

Таким образом, наблюдая за термическим ядром Аляскинского течения на повторных разрезах в районе меридиана 145° з. д., мы установили, что максимальная температура в этом ядре в течение года в среднем сохраняется в порядке $6,2^{\circ}$, испытывая очень небольшие отклонения: некоторое время она понижается со скоростью от $0,05$ до $0,1^{\circ}$ в месяц, затем это понижение сменяется повышением со скоростью того же порядка, после чего снова наступает понижение и т. д.

Выявленная нами относительная стабильность во времени термического ядра Аляскинского течения представляется совершенно естественной, если учесть, что Аляскинское течение берет свое начало от Тихоокеанского дрейфа, проходящего на большом протяжении в тропической зоне, где сезонные изменения температуры практически ничтожны. При поступлении Аляскинского течения в средние широты на температуре его верхних слоев все в большей мере сказывается зимнее охлаждение и летний прогрев, в то время как на глубинах, не затрагиваемых этими сезонными процессами, — от горизонтов 100—150 м и глубже круглый год сохраняются примерно одни и те же температуры, плавно понижающиеся по мере увеличения глубины. Естественно, что наиболее высокие значения температуры вод Аляскинского течения («принесенные с собой», а не полученные во время летнего прогрева) удерживаются сразу же под нижней границей их сезонных изменений. Это и есть термическое ядро данного течения. Вследствие того что основной поток Аляскинского течения в западной части зал. Аляска следует над шельфом вблизи его внешней границы и над материковым склоном, воды термического ядра Аляскинского течения на значительном протяжении являются в то же время и придонными водами нижней части шельфа и верхней части материкового склона.

Это обстоятельство имеет очень важное биологическое значение, поскольку, как показала Т. Г. Любимова, промысловые скопления морского окуня (главным образом *Sebastes alutus*) в придонных слоях западной части зал. Аляска чаще всего встречаются на глубинах от 170 до 230—250 м и при температурах от 5 до $6,5^{\circ}$.

Следовательно, средой обитания морского окуня являются воды термического ядра Аляскинского течения в тех районах, где они проявляются как придонные воды шельфа вблизи его внешней границы, а также как воды верхней части материкового склона.

В исследованиях Т. Г. Любимовой по морскому окуню западной части зал. Аляска отмечается опускание в некоторых районах скоплений окуня зимой на большие глубины, порядка 350—400 м, которые она склонна отнести за счет влияния гидрологических факторов [6]. Правда, недостаточность зимних комплексных наблюдений в зоне шельфа и материкового склона западной части зал. Аляска пока еще не позволяет утверждать это, но некоторые обстоятельства подтверждают справедливость заключения Т. Г. Любимовой.

Рассмотрим, например, изменение по глубине термического ядра Аляскинского течения на разрезе в районе меридиана 145° з. д. в течение года по приведенным выше данным. Если верхняя граница ядра всегда

остается примерно на одном и том же уровне (100—130 м), то нижняя его граница испытывает значительные сезонные изменения: в теплую половину года она находится на глубинах 160—200 м, зимой опускается до глубины 300 м и более и к весне опять приподнимается. Термическое ядро Аляскинского течения зимой как бы «растягивается» вниз, покрывая собой дно более глубоких частей материкового склона, а весной снова «сжимается», отступая к границе шельфа и склона. По-видимому, сезонные перемещения скоплений морского окуня с меньших глубин на большие и обратно в этом районе соответствуют «растягиванию» и «сжатию» термического ядра Аляскинского течения и ими обуславливаются. В свою очередь сезонные изменения в термическом ядре Аляскинского течения, по-видимому, связаны с еще совершенно неизученными закономерностями меандрирования основного потока течений в данном районе.

Необходимо рассмотреть еще особенности поля скорости постоянно-го течения западной части зал. Аляска, а также глубину толщи вод, охватываемых Аляскинским течением.

На основании всех известных нам динамических карт зал. Аляска (основанных на материалах как советских, так и зарубежных исследований) скорость Аляскинского круговорота меняется в среднем от 0,1—0,2 узла в его южной и наиболее широкой части (участок Тихоокеанского дрейфа) до 0,3—0,4 узла после дивергенции (участок Аляскинского течения, идущего вдоль берегов Британской Колумбии и архипелага Александра) с постепенным увеличением при следовании течения вдоль берегов Аляски до 1 узла (по некоторым литературным источникам — до 1,5 узла) в Приунимакском районе. Далее скорость течения вновь резко понижается и достигает 0,2—0,1 узла при замыкании Аляскинского круговорота.

Резкое увеличение скорости Аляскинского течения по мере его прохождения вдоль берегов Аляски, по-видимому, связано с тем, что на всем протяжении этого пути течение идет над очень крутым материковым склоном и, наоборот, как только поток Аляскинско-Алеутского течения начинает отходить на юго-запад, двигаясь над большими океанскими глубинами, скорость его быстро снижается до очень малых значений — таких же, как и в Тихоокеанском дрейфе, с которым он в конечном счете сливается.

Итак, в акватории западной части зал. Аляска наблюдаются наибольшие скорости Аляскинского течения — от десятых долей до 1 узла.

Для выяснения вопроса о том, как меняется поле скорости Аляскинского течения с глубиной, воспользуемся результатами динамической обработки наблюдений на разрезах поперек этого течения. Возьмем, например, три последовательных разреза, выполненных в зал. Аляска Международной комиссией по рыболовству (International Fisheries Commission) в январе 1929 г. [24]. Эти разрезы (рис. 6) пересекали по нормали Аляскинское течение на траверзе следующих районов побережья: зал. Якутат — в направлении на юго-запад от мыса Океанский (ст. № 1—15), о-в Цукли — в направлении на юго-юго-восток от мыса Клир (ст. № 101—115) и о-ва Кадьяк — в направлении на юго-восток от мыса Чиниак (ст. № 201—211).

Мы видим, что Аляскинское течение в вертикальных сечениях имеет довольно сложную структуру. Даже зимой, когда согласно общей схеме, это течение имеет наибольшую в течение года мощность и устойчивость, оно фактически состоит из отдельных частей, перемежающихся потоками противоположного направления. Эти потоки, хотя в общей сумме и переносят гораздо меньшие объемы воды, чем течение основного направления, но все же в отдельных случаях имеют заметные скорости и охватывают значительную толщу воды. На разрезах (рис. 6) основное направление Аляскинского течения, огибающее берега залива в на-

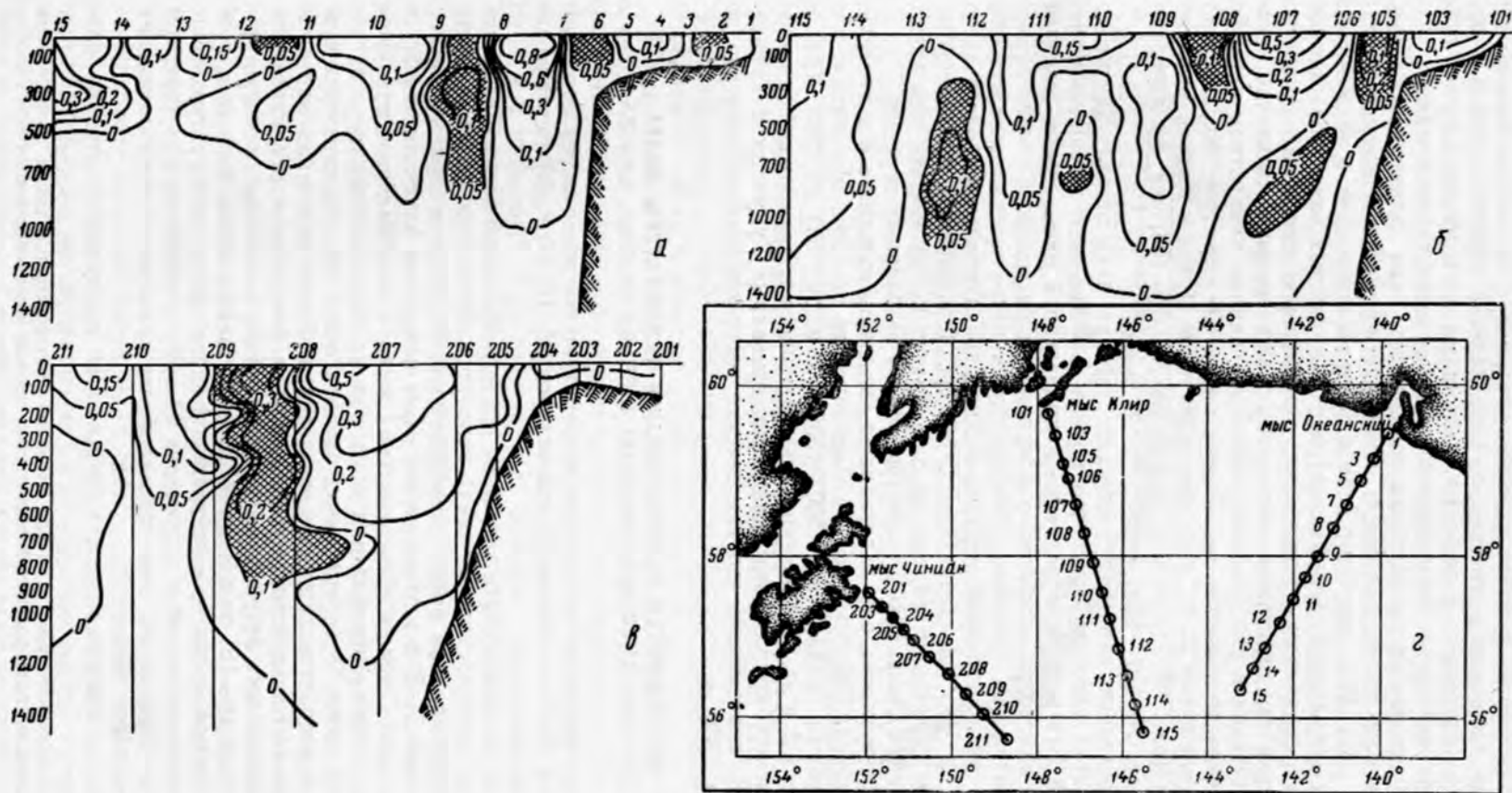


Рис. 6. Графики изотак на разрезах:

а — на юго-запад от мыса Океанский (ст. № 1—15); б — юго-юго-восток от мыса Клиз (ст. № 101—115); в — на юго-восток от мыса Чиниак (ст. № 201—211); г — расположение этих разрезов и выполненных на них станций.

правлении против часовой стрелки, обозначено изотаксами с цифрами (десятые доли узла), имеющими знак плюс, а противоположные ему потоки — изотаксами с цифрами, имеющими знак минус. Для наглядности все минусовые зоны противопотоков слегка заштрихованы.

Графики изотакс на разрезах показывают, что динамическая ось Аляскинского течения (поток с наибольшими скоростями), как и следовало ожидать, проходит либо в поверхностном слое (рис. 6 б и в), либо на небольшом углублении порядка первых десятков метров (рис. 6 а), связанном, по-видимому, с временным понижением скорости на поверхности действием противоположных ветров. Значения скоростей течения в его динамической оси в данном конкретном примере составляют: по траверзе зал. Якутат около 0,8 узла (рис. 6 а, интервал между станциями 7—8), а на траверзах о-вов Цукли и Кадьяк — около 0,5 узла (рис. 6 б, интервал между ст. № 107—108; рис. 6 в, интервал между ст. № 207—208).

Приведенные данные показывают, что на пути от зал. Якутат до о-ва Кадьяк скорость основного потока Аляскинского течения заметно убывает. Это важное дополнение к приведенной нами выше средней картине изменения скоростей в Аляскинском круговороте можно объяснить тем, что на указанном участке Аляскинское течение отделяет ряд ветвей, распространяющихся на мелководья наиболее широкого здесь шельфа*. Что же касается потоков, противоположных Аляскинскому течению, то на пространстве от зал. Якутат к о-ву Кадьяк они имеют тенденцию к смещению в мористую зону и на большие глубины.

Графики изотакс рис. 6 позволяют высказать суждение и о предельных глубинах распространения Аляскинского течения. Мы видим, что эти глубины меняются от 500—1000 м (см. рис. 6 а) до 1200—1400 м (см. рис. 6 б и в). Наблюдения, проводившиеся вблизи южной границы Аляскинского круговорота (например, описанные Гудмэном и Томпсоном [18]), показывают, что там течение распространяется примерно до глубины 1500 м.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ВБЛИЗИ ВНЕШНЕЙ ГРАНИЦЫ ШЕЛЬФА ЗАЛИВА АЛЯСКА

Общие черты распределения температуры на поверхности открытой части зал. Аляска описаны рядом авторов [15, 16, 22 и др.] и сводятся к следующему.

Зимой на поверхности залива от его юго-восточной части и вершины (по пути Аляскинского течения) ясно прослеживается широкая лента относительно теплой воды с температурой, постепенно понижающейся от значений 7—8° в юго-восточной части залива до значения 4—5° в районе банки Портлок. Вся акватория между о-вом Кадьяк и проливом Унимак, а также центральная часть залива имеют температуру на поверхности ниже 5° (в отдельных случаях ниже 4°), соответствующую зимней температуре нижнего слоя воздуха. Летом на том же протяжении (до о-ва Кадьяк) лента теплой воды на поверхности, обозначающая путь Аляскинского течения, имеет постепенное понижение температуры от значений 16—15° до значений 13—12°. Между о-вом Кадьяк и проливом Унимак, а также в центральной части залива температура воды на поверхности меняется в пределах 13—10°, а в районе, прилегающем к проливу Унимак, за счет подтока более холодных берингоморских вод опускается ниже 10°.

Сезонные изменения температуры воды, постепенно затухая, рас-

* Справедливость такого вывода наглядно подтверждается также для января (хотя и другого года) рассмотрением «пятен» теплой воды, образуемых Аляскинским течением в придонных слоях участка между зал. Якутат и о-вом Кадьяк.

пространяются в зал. Аляска от поверхности и примерно до глубин 100—150 м, на которых таким образом может быть прослежен годовой минимум температуры поверхностного слоя воды. Распределение температуры воды на глубине нижней границы конвекции по Флемингу [17] * показано на рис. 7. Изотермы рис. 7 очень наглядно иллюстрируют движение вод Калифорнийского и Аляскинского течений, распространяющихся до гораздо больших глубин, чем та, для которой вычерчен этот рисунок, а также оконтуривают наиболее охлаждаемые районы (температура ниже 4°) верхней толщи вод зал. Аляска приуроченные к центральной части залива (халистатическая зона) и к откры-

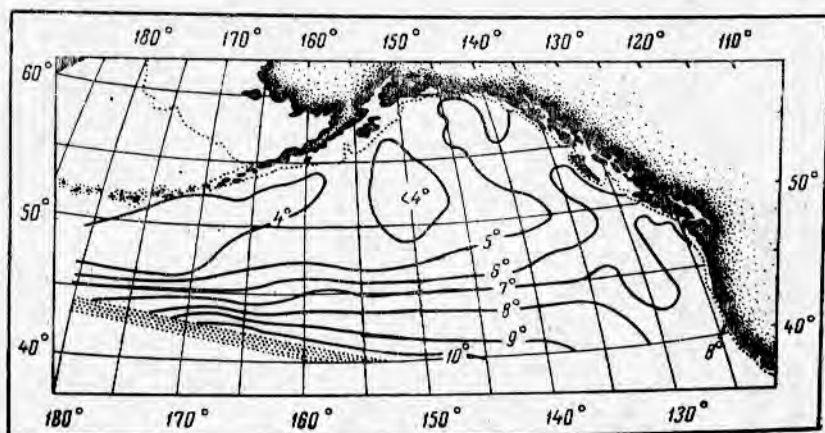


Рис. 7. Распределение температуры воды на глубине нижней границы конвекции.

той части залива к югу от о-вов Шумагина—Унимак (продолжение этого района — вдоль Алеутских о-вов).

Ниже глубины сезонных изменений температуры воды в зал. Аляска отмечаются лишь небольшие (и уменьшающиеся с глубиной) пространственные ее изменения: на горизонте 200 м — в пределах от 7 до 5°, на горизонте 400 м — от 5 до 4°, на глубине 1000 м температура воды варьирует в небольших пределах — около 3°, на глубине 2000 м — около 2°, а в придонных слоях залива на больших глубинах (порядка 3000—5000 м и более) температура воды везде удерживается в пределах 1,7—1,5°.

Очень важно в связи с изучением донных рыб и их промыслом в западной части зал. Аляска выявление закономерностей изменений температуры воды от места к месту на тех глубинах, на которых держатся скопления донных рыб. Диапазон этих глубин, находящийся в пределах внешней части шельфа и верхней части материкового склона, сравнительно невелик, что позволяет при наличии массовых наблюдений за придонными температурами воды на больших площадях строить общие карты пространственного распределения температуры так же, как обычно строятся карты для какого-либо определенного горизонта.

Из всех находящихся в нашем распоряжении материалов гидрологических наблюдений в западной части зал. Аляска подобные карты оказалось возможным построить лишь для зимы 1961—1962 гг.

Наиболее массовые наблюдения над придонными температурами воды удалось получить для января 1962 г. в разных районах западной части зал. Аляска одновременно на СРТР «Орлик», на РТ «Пеламида»,

* У Флеминга эта глубина называется глубиной нижней части галоклина — слоя скачка солености.

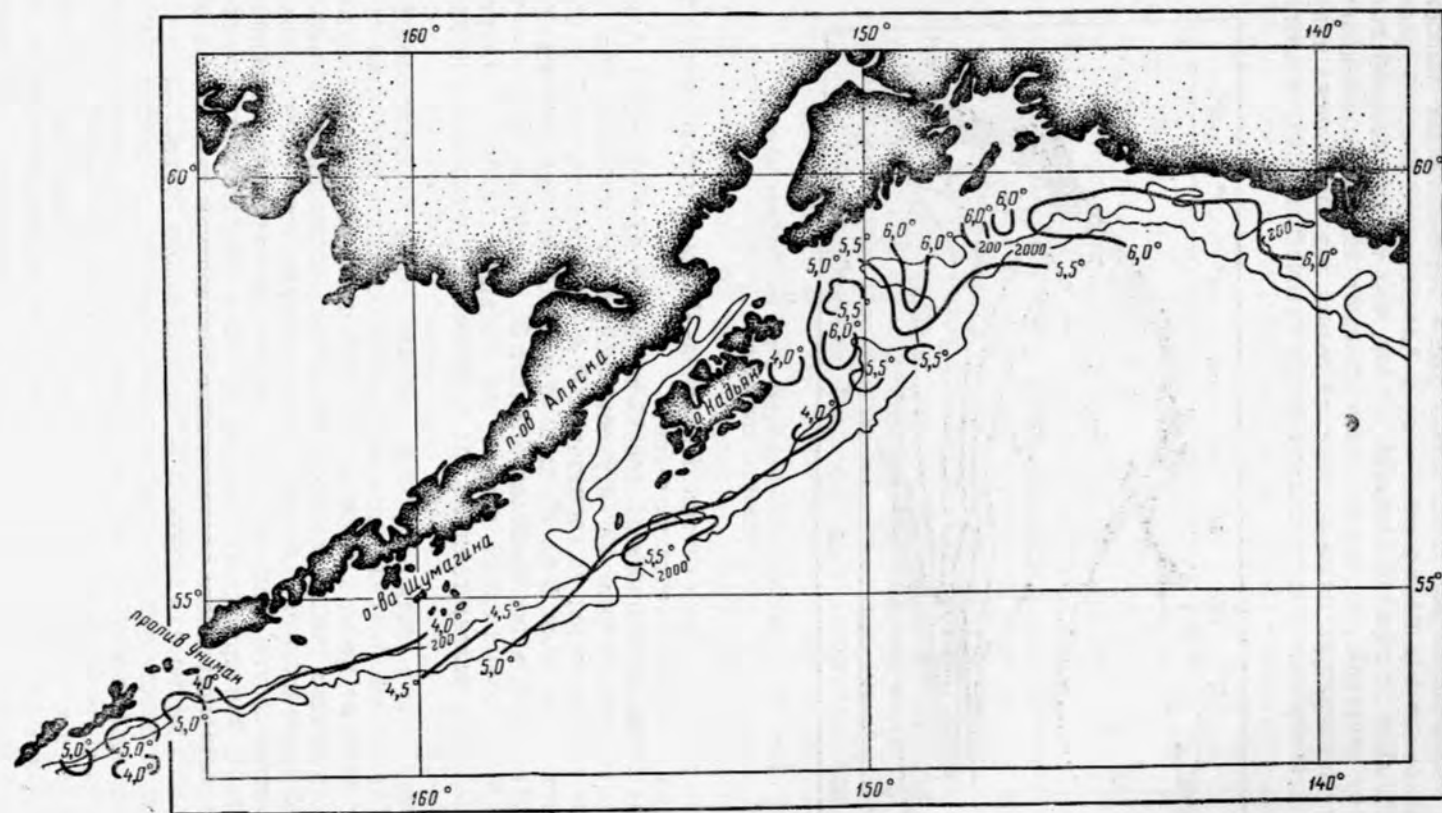


Рис. 8. Схематическая карта распределения придонных температур верхней части материкового склона и прилегающей к ней части шельфа западной части зал. Аляска в январе 1962 г.

на СРТ-4454 и на СРТ-4347. Из рассмотрения карты (рис. 8) видно, что воды термического ядра Аляскинского течения с температурами порядка 6° широким фронтом продвигались вдоль дна с востока на запад на участке между зал. Якутат и о-вом Мидлтон. Затем при подходе к банке Портлок в связи со сложным характером рельефа дна, а в районе самой банки — под воздействием конвективного охлаждения воды термического ядра Аляскинского течения разбиваются на отдельные «языки» и «ядра» самых различных размеров и формы, создавая очень сложное, как бы «мозаичное» распределение придонных температур указанного района. Постепенно, понижаясь за счет диссипации тепловой энергии, температура термического ядра Аляскинского течения к югу от о-вов Кадьяк и Троицы имела значения в пределах $5,5-5^\circ$, а в районе, прилегающем к проливу Унимак — $5,2-4,5^\circ$. Ряд «пятен» и целых обширных областей с температурами ниже 4° свидетельствует о проникновении конвективного охлаждения до дна на шельфе и о подъемах глубинных более холодных вод в отдельных местах верхней части материкового склона.

На основании наблюдений в западной части зал. Аляска в феврале—начале марта 1962 г., осуществлявшихся уже только на двух судах (СРТР «Орлик» и РТ «Пелагида»), мы также построили карту распределения придонных температур, имеющую много общих черт с январской картой (рис. 8). Так же как и в январе, температура ядра Аляскинского течения сохранялась в феврале—начале марта выше 6° между зал. Якутат и о-вом Кадьяк порядка $5,5-5,2^\circ$ между о-вами Кадьяк и Шумагина и около 5° в Приунимакском районе. Так же как и на январской карте, термическое ядро течения имело сложное, мозаичное строение, перемежаясь областями более охлажденных вод. Только температура последних в районах проникновения конвенции до дна (на шельфе), а также в районах поступления беринговоморских вод (вблизи пролива Унимак) имела более низкие значения, чем в январе (до 3°), за счет дальнейшего развития конвекционного охлаждения в западной части зал. Аляска и в прилегающих к нему районах Берингова моря (февраль и начало марта являются здесь самым разгаром гидрологической зимы).

Исследованиями Т. Г. Любимовой [5, 6] было показано, что с пространственным распределением температуры воды по акватории зал. Аляска и, в частности, с его постепенным убыванием вниз по течению от зал. Якутат до пролива Унимак связан ряд закономерностей в биологии и распределении морского окуня — различный темп созревания гонад самок в разных районах, миграция самок в направлении против Аляскинского течения после нагула и спаривания и др.

В связи с этим нами была предпринята попытка выявить количественные показатели убывания температуры в термическом ядре Аляскинского течения по мере его следования в заливе за счет диссипации энергии. Темп убывания температуры оценивался нами по расстоянию, на протяжении которого она понижалась на $0,1^\circ$.

Первые шаги в этом направлении были предприняты нами еще при рассмотрении карт распределения придонных температур вдоль шельфа и верхней части склона, построенных главным образом на материалах массовых измерений температур при тралениях в январе, а также в феврале—начале марта 1962 г. Так, были зафиксированы определенные, почти не меняющиеся в течение месяца и больше температуры в термическом ядре течения в районах между зал. Якутат и о-вом Мидлтон (больше 6°), между о-вом Мидлтон и о-вами Шумагина (в пределах $6-5,5^\circ$) и между о-вами Шумагина и проливом Унимак (в пределах $5,5-5^\circ$).

Для конкретизации этих данных в конце февраля—начале марта

1962 г. А. Ф. Плахотником и В. С. Разгоняевым на «Орлике» и Т. Г. Любимовой и Б. Н. Шатовым на «Пеламиде» был выполнен ряд разрезов поперек Аляскинского течения на всем протяжении от зал. Якутат до пролива Унимак.

По материалам этих разрезов удалось решить следующие задачи:

а) дополнить (разрезом на «Пеламиде» 2—3 марта 1962 г.) ранее имевшиеся разрезы весной и осенью 1961 г. и в январе 1962 г. в районе меридиана 145° з. д. и замкнуть таким образом годовой цикл наблюдений в этом районе, в частности, установить значение максимальной температуры в термическом ядре Аляскинского течения, почти неизменно удерживающейся здесь в течение года;

б) повторить на наиболее важном для нас участке (разрезом на «Пеламиде» 26—27 февраля 1962 г.) разрез, сделанный в январе 1929 г. американскими исследователями от зал. Якутат (ст. № 2—8, рис. 62), и показать, что максимальная температура в термическом ядре течения на этом разрезе как в январе 1929 г. [24], так и в конце февраля 1962 г. практически была одна и та же. Это давало нам право привлечь для совместного рассмотрения с нашими разрезами в феврале-марте 1962 г. также и другие разрезы той же американской экспедиции в январе 1929 г. (от мыса Клар и Чиниак);

в) разрезом на «Пеламиде» 3—4 марта 1962 г., выполненном примерно в 120 милях восточнее о-ва Кадьяк, а также разрезами на «Орлике» 5 марта 1962 г. (ст. № 60—64) к юго-востоку от о-вов Троицы, 8 марта 1962 г. (ст. № 66—68) к юго-востоку от о-вов Шумагина и 9—10 марта 1962 г. (ст. № 69—72) к юго-востоку от пролива Унимак, удалось выяснить температуру в термическом ядре Аляскинского течения в тех районах западной части зал. Аляска, которые не охватывались наблюдениями предыдущих экспедиций.

Нами была построена сводная схематическая карта убывания максимальной температуры в термическом ядре Аляскинского течения по мере продвижения этого течения в западной части зал. Аляска (рис. 9).

На карте рис. 9 толстыми отрезками линий, идущих от берега в направлении открытой части залива, показаны сечения данного разреза, на протяжении которых обнаружены максимальные температуры термического ядра Аляскинского течения. Сами максимальные температуры обозначены цифрами (в градусах с десятичными долями) в числителе дроби, проставленной около каждого сечения. В знаменателе дроби проставлено значение нижнего горизонта, до которого наблюдалось на данном разрезе термическое ядро течения.

На траверзе зал. Якутат термическое ядро Аляскинского течения неизменно имеет максимальную температуру $6,5^{\circ}$ и простирается до глубины порядка 150 м. Однако в связи с меандрированием течения его основной поток, а следовательно, и связанное с ним термическое ядро то проходит непосредственно у берега, то отходит от него. На рис. 9 показаны оба эти случая: первый случай, когда термическое ядро течения разлилось на все пространство от берега шириной примерно 60 миль, т. е. заполнило целиком шельф и верхнюю часть материкового склона (наблюдения американской экспедиции в январе 1929 г. [24], и второй случай, когда это ядро сжалось до полосы шириной примерно в 10 миль и отошло от берега на расстояние 70—80 миль (наблюдения на «Пеламиде» в конце февраля 1962 г.).

О прохождении термического ядра Аляскинского течения в районе о-ва Каяк — меридиан 145° з. д. уже много говорилось в предыдущем параграфе настоящей статьи. Так, в частности, было показано, что максимальная температура ядра на этом сечении весь год сохраняется около $6,2^{\circ}$ и что зимой нижняя граница ядра опускается до глубины, превышающей 300 м. На рис. 9 термическое ядро течения в этом районе

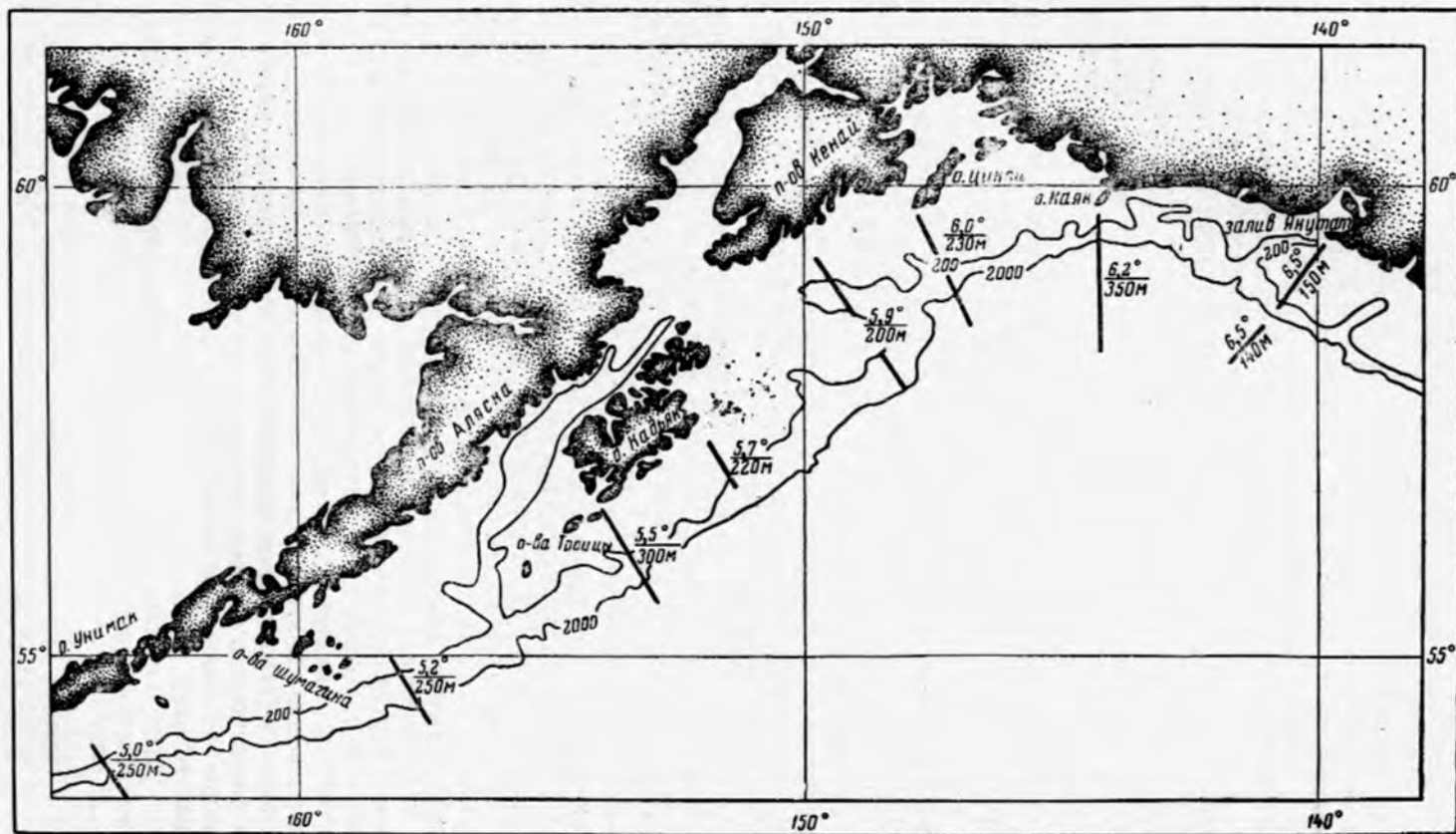


Рис. 9. Схематическая карта убывания максимальной температуры в термическом ядре Аляскинского течения.

показано в виде сечения, отходящего почти от о-ва Каяк* на расстояние примерно 100 миль.

Рассматривая течение, изображенное на рис. 9 в районе о-в Каяк—меридиан 145° з. д., мы видим, что генеральное направление протекания изобат материкового склона и нижней кромки шельфа в данном районе резко меняется. Восточнее этого района изобаты простираются с юго-востока на северо-запад, и в таком же направлении идет течение. Западнее района о-в Каяк—меридиан 145° з. д. и изобаты и течение имеют генеральное направление с северо-востока на юго-запад. Таким образом, в этом районе наблюдается «излом» изобат и связанное с ним замедление скорости течения перед его переходом на новое направление**, а также отход основного потока течения влево в направлении мористой части залива, что особенно заметно зимой при значительном общем расширении Аляскинского течения (см. рис. 3).

Из рис. 9 можно сделать вывод, что при следовании Аляскинского течения на участке между зал. Якутат и о-вом Каяк максимальная температура его термического ядра убывает за счет диссипации энергии на $0,1^{\circ}$ примерно на расстоянии 35 миль.

Разрез, выполненный американскими исследователями в январе 1929 г. на юго—юго-восток от юго-западной оконечности о-ва Цукли—мыса Клир [24], показал, что термическое ядро Аляскинского течения имеет в этом районе максимальную температуру 6° , простирается до глубины 230 м и разбивается на две части: первую, занимающую полосу шириной примерно 20 миль от берега, и вторую, проходящую в удалении примерно от 40 до 80 миль от берега, т. е. над материковым склоном и частично под ложем океана.

На участке между о-вами Каяк и Цукли скорость рассеяния энергии термическим ядром течения несколько уменьшается и составляет $0,1^{\circ}$ примерно на 50 миль пути течения.

Следующим разрезом по ходу Аляскинского течения был разрез, выполненный в начале марта 1962 г. на «Пелагиде» примерно в 120 милях к северо-востоку от о-ва Каяк и как бы контролирующий вхождение струй Аляскинского течения в район обширного мелководья, простирающегося к северо-востоку от о-ва Каяк. Этот разрез показал максимальную температуру термического ядра Аляскинского течения — $5,9^{\circ}$; нижний горизонт распространения ядра — 200 м, а также разрыв ядра поднятием дна (участок мелководья) в средней части разреза: ядро течения зафиксировано на расстоянии примерно 20—60 миль от берега, до поднятия дна, а также сразу после поднятия — примерно с 90 миль от берега и вплоть до окончания разреза.

На участке между этим и предыдущим разрезами понижение максимальной температуры термического ядра Аляскинского течения составляет $0,1^{\circ}$ примерно на каждые 60 миль пути течения.

Третий из выполненных американскими исследователями в январе 1929 г. разрезов в зал. Аляска — разрез на юго-восток от мыса Чиниак на о-в Кадьяк [24] позволил выяснить, что максимальная температура в ядре Аляскинского течения составляет в этом районе $5,7^{\circ}$, распространяется до глубины примерно 220 м и отмечена на расстоянии 30—50 миль от мыса Чиниак.

Темп убывания максимальной температуры термического ядра течения на участке между восточной границей Восточно-кадьякского мел-

* Суда советских экспедиций, по наблюдениям которых построено это сечение, не доходили до берега на 20 миль, поэтому в направлении к берегу данные экстраполированы по аналогии с предыдущим сечением.

** Из рис. 6 видно, что при прохождении района о-ва Каяк на разрезе от мыса Клир значения скорости в динамической оси течения уменьшились почти вдвое в сравнении с тем, которые наблюдались в Приякутатском районе (0,5 узла против 0,8).

ководья и о-вом Кадьяк оставался таким же, как и на предыдущем участке пути течения — $0,1^\circ$ примерно на каждые 60 миль.

Три разреза на «Орлике» в начале марта 1962 г. (см. рис. 9) позволили проследить за характером убывания максимальной температуры в термическом ядре Аляскинского течения на всем протяжении юго-западной части залива: от о-ва Кадьяк до пролива Унимак.

Разрез на юго-восток от о-вов Троицы показал максимальную температуру термического ядра течения — $5,5^\circ$, опускание ядра примерно до горизонта 300 м и распространение его на 70 миль от берега.

Понижение максимальной температуры в ядре при проходе течения мимо о-ва Кадьяк (от мыса Чиниак до о-вов Троицы) составляет $0,1^\circ$ примерно на 40 миль пути.

По материалам разреза, выполненного на «Орлике» к юго-востоку от о-вов Шумагина, максимальная температура в термическом ядре Аляскинского течения понизилась уже до $5,2^\circ$; такая температура наблюдалась примерно до глубины 250 м и на расстоянии от 60 до 100 миль от берега п-ва Аляска.

Скорость охлаждения вод Аляскинского течения на участке от о-ва Кадьяк до о-вов Шумагина несколько уменьшилась: максимальная температура ядра на этом участке понижается на $0,1^\circ$ примерно на каждые 50 миль пути течения. Это может быть связано с некоторым возрастанием скорости течения на указанном участке.

Наконец, разрез на «Орлике» к югу от о-ва Унимак подтвердил установленный нами на основании ряда других источников факт, что максимальная температура в ядре Аляскинского течения в этом районе составляет 5° . Термическое ядро Аляскинского течения имеет здесь то же углубление, что и в районе к юго-востоку от о-вов Шумагина, — до 250 м, но проходит ближе к берегу (на расстоянии 40—80 миль от о-ва Унимак) в соответствии с приближением к берегу изобат внешней границы шельфа и материкового склона. Дальнейшее и к тому же резкое увеличение скорости Аляскинского течения на участке от о-вов Шумагина до пролива Унимак привело и к резкому уменьшению скорости охлаждения масс воды, переносимых течением: на этом участке течение проходит в среднем 90 миль, прежде чем максимальная температура его термического ядра понижается на $0,1^\circ$.

В среднем по всей западной части зал. Аляска темп понижения максимальной температуры в термическом ядре Аляскинского течения за счет диссипации энергии составляет $0,1^\circ$ на каждые 50—60 миль пути, проходимого течением.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ СОЛЕНОСТИ И ПЛОТНОСТИ В ЗАЛИВЕ АЛЯСКА

Два основных фактора определяют особенности горизонтального и вертикального распределения солёности в зал. Аляска: исключительно сильное опреснение поверхностных вод за счет обильных осадков, а в прибрежной полосе также и за счет материкового стока и наличия под опресненным слоем типично океанических вод высокой солёности.

Это характерное расслоение вод, подобное тому, которое наблюдается в эстуариях рек, дало основание Дж. Тулли и Ф. Барберу [25] весь зал Аляска и часть прилегающих к нему с юга океанических вод уподобить гигантскому эстуарию.

На рис. 10 приведена схематическая карта распределения солёности на поверхности зал. Аляска, заимствованная нами из работы М. Робинзон [22]. На этой карте, в частности, хорошо отражены малые значения солёности, наблюдающиеся вблизи берегов за счет материкового стока. Как видно, в восточной части залива солёность воды у берегов в отдельных местах понижается до 27‰ и ниже, а в западной части залива минимальные значения солёности вблизи берегов — $29,5\text{‰}$

у о-ва Кадьяк и $27,8\text{‰}$ у п-ова Кенай. Самая низкая соленость — $21,7\text{‰}$ наблюдается у выхода из зал. Якутат.

Вся прибрежная полоса залива окаймлена водами с соленостью на поверхности менее 32‰ . Зимнее конвекционное перемешивание приводит к тому, что и у дна на шельфе зачастую наблюдается понижение солености (ниже $32,5\text{‰}$). Иногда в некоторых районах (как, например, в районе к востоку от о-вов Шумагина), как показал Б. Г. Иванов [4], можно встретить промысловые скопления креветок (главным образом *Pandalus borealis*).

В центральной части зал. Аляска, хотя и наблюдаются более высокие значения солености на поверхности, чем у берегов, но и они не до-

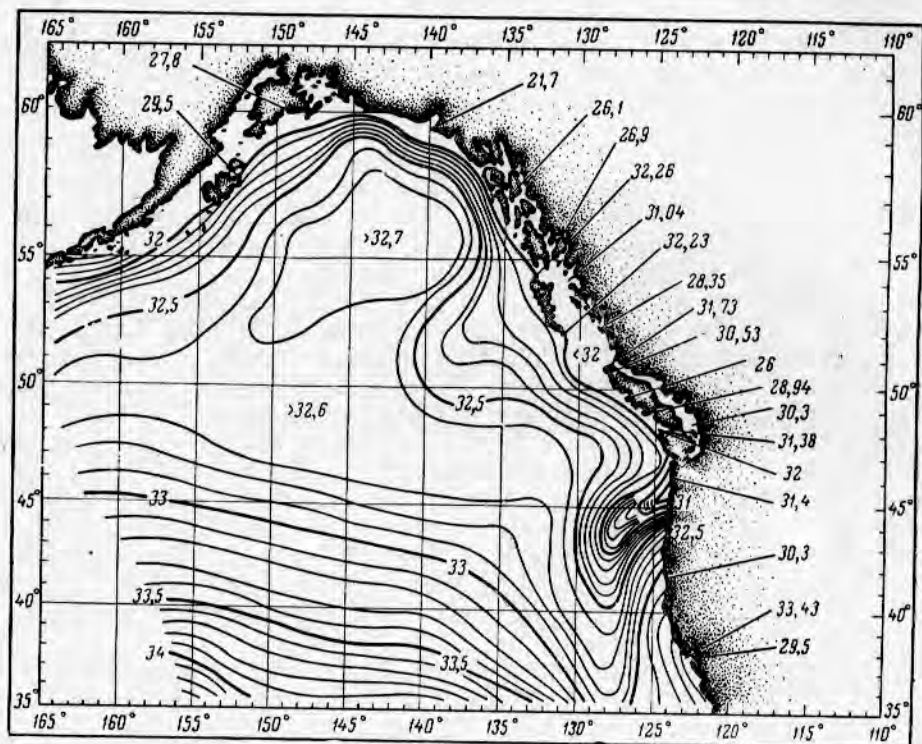


Рис. 10. Схематическая карта распределения солености на поверхности зал. Аляска.

стигают $32,8\text{‰}$, что совершенно естественно в связи с четко выраженным положительным пресным балансом поверхностного слоя залива (см. рис. 2).

Карта (см. рис. 10) ввиду ее схематичности и мелкого масштаба отражает лишь общие особенности распределения солености на поверхности зал. Аляска и на ней не могли быть показаны детали этого распределения. Наиболее существенной из них является повышение значений солености на поверхности в районах подъемов глубинных вод*, а также в районах антициклонических круговоротов течений; так, например, в районе к юго-востоку от о-ва Кадьяк, в центре антициклонического круговорота течений («Орлик» ст. № 214, 19/X—1961 г.) за счет подъема глубинных вод на поверхности наблюдалась соленость около $32,1\text{‰}$, в то время как окружающие станции показывали примерно на $0,5\text{‰}$ меньше значения солености.

* Процесс, в американской и канадской научной литературе, выраженный специальным термином — *upwelling*.

В связи с повышением солености отмечено понижение значений удельной щелочности поверхностного слоя воды в центральных частях антициклонических круговоротов. В частности, в центральной части круговорота к юго-востоку от о-ва Кадьяк в октябре 1961 г., по наблюдениям Е. А. Ахметьевой (ВНИРО), удельная щелочность уменьшалась до $1210 \text{ Alk/Cl}^{10/100}$ при значениях в поверхностных водах близлежащих районов шельфа и материкового склона порядка $1220\text{—}1230 \text{ Alk/Cl}^{10/100}$. Наконец, американские исследователи И. Айгелсрод, Р. Робинзон и Т. Томпсон [19] обращали внимание на повышенную концентрацию фосфатов в районах подъемов глубинных вод в северо-восточной части Тихого океана.

Соленость поверхностных вод зал. Аляска и прилегающей акватории испытывает заметные сезонные изменения: летом она в среднем на $0,5\%$ меньше той, которая наблюдается в тех же местах зимой. Это объясняется повышенной интенсивностью материкового стока в летний период, а также тем, что опресненные воды, будучи в этот период наиболее теплыми (летний прогрев поверхностного слоя) обладают высокой вертикальной устойчивостью и как бы стелятся по поверхности, в то время как зимой они охлаждаясь перемешиваются с водами нижележащих слоев.

Пониженная соленость (меньше $32,8\%$), непрерывно поддерживающаяся на поверхности зал. Аляска указанными выше факторами, сохраняется и в верхней части его вод, подверженной фрикционному и конвекционному перемешиванию. Зато ниже этой толщи в открытой части залива соленость сразу же резко, скачкообразно возрастает до значений, типичных для океанических вод на этих глубинах (порядка $33,8\%$).

Этот процесс подробно описан в работе Доу [15], и представлен ниже в несколько более удобной форме. Основные параметры слоя скачка солености для юго-восточной части зал. Аляска следующие

Глубина, м	Границы слоя скачка солености	
	верхняя	нижняя
пределы изменения	60—150	120—200
средняя величина	94	153
Соленость, ‰		
пределы изменения	32,5—32,79	33,57—33,88
средняя величина	32,64	33,75

Из приведенных данных видно, что на протяжении очень тонкого, в среднем 60-метрового, слоя воды (между глубинами порядка 90 и 150 м) соленость воды зал. Аляска увеличивается более чем на $1,1\%$, в среднем от $32,64$ до $33,75\%$.

Положение границ слоя скачка солености в зал. Аляска под влиянием внутренних волн приливного характера испытывает вертикальные колебания, достигающие $80\text{—}100$ м, а в отдельных случаях и больших значений. В каждой геометрической точке пространства, охваченного колебаниями, все гидрологические данные также существенно изменяются, что вызывает изменения в вертикальном размещении кормового планктона и тем самым обуславливает вертикальные миграции промысловых рыб.

Со слоем скачка солености в зал. Аляска связано начало резкого понижения количества растворенного в воде кислорода, которое далее на глубинах от 300 до 600 м (в разных местах залива по разному) достигает значений дефицита, ограничивающего жизнедеятельность организмов*.

Наконец, слой скачка солености — это обычно граница зимнего кон-

* Последний по М. В. Федосову и Р. Л. Давидовичу [11] следует считать при содержании кислорода в воде меньше 1 мл/л .

векционного перемешивания в заливе, что наглядно показано на рис. 7, являющемся по существу картой распределения температуры воды на уровне нижней границы слоя скачка солености — на поверхности с соленостью 33,77‰.

Ниже слоя скачка солености наблюдается ее вертикальное распределение, типичное для северной части Тихого океана, — медленный, плавный рост до значений порядка 34,6‰ в придонном слое.

Специфическое для зал. Аляска пространственное распределение термohалинных характеристик, главным образом значений солености, определяет особенности горизонтального распределения плотности воды в заливе. Горизонтальное распределение плотности в зал. Аляска в то же время отражает плотностную циркуляцию в заливе в горизонтальном

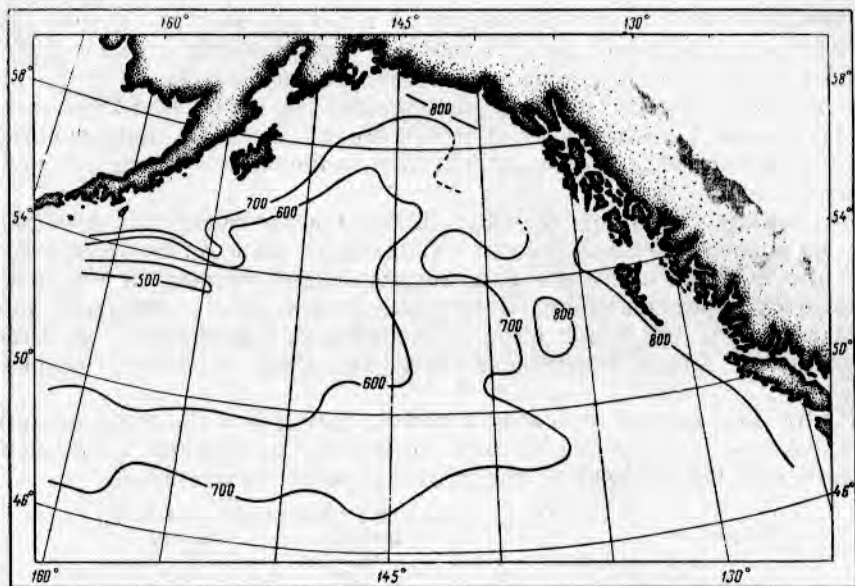


Рис. 11. Схема топографии изопикнической поверхности $\sigma_t = 27,25$.

направлении и в первую очередь ее основной элемент — Аляскинское течение.

Особенно ясно это можно проследить на глубинах, лежащих за пределами конвекционного и ветрового перемешивания, но в то же время не очень больших, — там, где скорость Аляскинского течения еще не слишком мала. На таких глубинах изопикнические поверхности изогнуты в виде куполов (выпуклостью, обращенной к поверхности воды), причем форма и ориентировка в пространстве этих куполов в точности соответствует направлению течения, а крутизна наклона их стенок — скоростям течения.

На рис. 11 приведена по Беннетту [13] топография (в м) изопикнической поверхности $\sigma_t = 27,25$, отвечающей сочетанию температуры и солености вблизи нижней границы скачка солености, которая отражает не только общую конфигурацию потоков Аляскинского течения, но и его вторичные круговороты, как, например, антициклонический круговорот к западу от архипелага Александра — о-вов Королевы Шарлотты*. На рис. 11 хорошо прослеживаются районы усиления скорости течения по сужению расстояний между линиями равных глубин залегания изопик-

* На всех глубинных картах течений зал. Аляска круговороты несколько смещены в пространстве вследствие наклона их осей.

нической поверхности (например, на участке между о-вом Кадьяк и проливом Уника) и, наоборот, районы ослабления скорости течения по расширению расстояний между указанными линиями (например, в восточной части залива).

Что касается распределения плотности воды по вертикали, то в открытой части зал. Аляска обычное возрастание плотности воды с глубиной имеет существенные сезонные отличия. Если зимой наблюдается лишь один слой скачка плотности примерно между глубинами 100—200 м, приуроченный к слою скачка солёности, то летом над ним примерно между глубинами 25—50 м располагается еще один скачок плотности, соответствующий слою скачка температуры воды.

Вопросы устойчивости водных слоев зал. Аляска, как нам известно, не освещались в литературе, между тем выяснение изменений в пространстве и во времени вертикальной устойчивости в толще вод на шельфе вплоть до его внешней кромки связано с пониманием физических условий происходящих там биологических процессов.

Стремясь несколько восполнить этот пробел, мы из материалов двух советских экспедиционных рейсов в западной части зал. Аляска, характеризующих летний и следующий за ним зимний гидрологический сезоны, на «Первенце» в августе—сентябре 1960 г. и на СРТ-4454 в марте 1961 г. выбрали станции, выполненные как зимой, так и летом в близких, а иногда почти в одних и тех же точках шельфа и верхней части склона. Мы набрали восемь пар таких станций. Для каждой станции были вычислены величины вертикальной устойчивости ($E \cdot 10^8$): на шельфе — в слое от поверхности до дна (точнее до нижнего горизонта наблюдений), на материковом склоне — в слое от поверхности до 200 м. Результаты этих вычислений сведены в табл. 1.

Рассмотрение данных таблицы показывает, что во всех обследованных участках шельфа и верхней части материкового склона западной части зал. Аляска летом устойчивость верхней 100—200-метровой толщи вод велика, порядка 1000—2000 и более значений $E \cdot 10^8$. Это объясняется не столько летним прогревом поверхностного слоя воды, который едва превышал $10,7^\circ$ (да и то лишь на одном участке), сколько заметным опреснением поверхностного слоя. Зимой, когда опреснение не так велико, значения поверхностной солёности приближаются к почти постоянной солёности на глубине нижней границы конвекции или вблизи нее. Это обстоятельство в сочетании с тем, что температура всего охваченного конвекцией слоя выравнивается охлаждением сверху, и приводит к резкому понижению устойчивости и даже переходу ее к отрицательным значениям. Известно, что при понижении вертикальной устойчивости, выраженной в значениях $E \cdot 10^8$ примерно до 100 и менее единиц, начинается заметное вертикальное перемешивание слоев воды, которое тем интенсивнее, чем ниже значения устойчивости. Таким образом, в западной части зал. Аляска все шельфовые участки (соответствующие парам ст. № 4, 6, 8) и некоторые участки внешней границы шельфа (пара ст. № 5) являются ареной описываемого зимнего конвекционного перемешивания во всем исследованном слое. Не случайно, что все перечисленные участки входили в число тех, где зимой были обнаружены промысловые скопления донных и пелагических рыб.

Очень хорошим подтверждением нашего вывода о том, что в западной части зал. Аляска определяющее влияние на устойчивость водных слоев оказывает не температура, а солёность воды, служат значения устойчивости на границе между шельфом и склоном (пары ст. № 1, 7, 3). Летние значения устойчивости здесь везде примерно одинаковы — порядка 1100 ($E \cdot 10^8$). Зато зимние значительно (вдвое и вчетверо) отличаются одно от другого. На материковом склоне в некотором удалении от его верхней границы (пара ст. № 3), где на глубине 200 м наблюдает-

Таблица 1

Дата	№ станции	Координаты		Глубина наблюдений, м	Наблюдаемый слой, м	Температура воды на границах слоя (в °/оо), град		Соленость воды на границах слоя		E · 10 ⁸
		с. ш.	з. д.			верхнего	нижнего	верхнего	нижнего	
Граница между шельфом и склоном к западу от о-ва Мидлтон										
8/IX	159	59°15'0	147°36'8	165	0—150	10,76	5,95	33,32	32,92	1153
19/III	47	58°55'7	147°32'0	174	0—150	5,80	5,72	32,48	32,70	123
Граница между шельфом и склоном к северу от банки Портлок										
8/IX	166	58°51'5	149°58'0	200	0—190	10,64	5,12	32,18	33,69	1236
8/III	44	58°56'0	149°32'0	222	0—200	5,00	5,84	32,07	32,63	172
Материковый склон к востоку от банки Портлок										
9/IX	175	57°38'6	149°34'5	800	0—200	10,80	5,22	32,47	33,87	1174
16/III	39	57°35'4	149°31'0	200	0—200	4,20	4,48	32,79	33,93	437
Банка Портлок										
Лето	168	58°27'2	151°00'4	70	0—65	9,24	6,58	31,36	32,39	2965
6/III	35	57°56'0	151°18'0	75	0—70	4,00	4,17	32,45	32,50	32
Граница между шельфом и склоном к востоку о-ва Чирикова										
8/IX	200	56°03'4	154°40'8	120	0—100	10,10	7,44	31,74	32,48	1920
14/III	30	55°48'1	156°00'0	209	0—100	3,80	4,01	32,57	32,66	—6
Шельф между о-вами Шумагина и о-вом Чирикова										
15/IX	209	55°27'4	156°51'0	95	0—75	9,84	7,90	31,35	32,32	2816
13/III	26	55°46'0	156°52'0	100	0—75	3,70	3,68	32,16	32,25	98
Граница между шельфом и склоном к юго-востоку от о-вов Шумагина										
15/IX	212	54°45'4	158°09'7	178	0—150	9,57	5,80	32,18	32,84	1081
11/III	16	55°00'0	158°24'2	155	0—150	3,70	5,13	32,23	32,92	262
Шельф к югу от о-ва Санак										
16/IX	218	54°02'7	162°48'5	80	0—75	9,76	5,64	31,89	32,65	1565
8/III	7	54°07'2	162°32'0	80	0—75	3,40	3,97	32,14	32,23	24

ся высокая океаническая соленость, поверхностные воды на 1,2—1,4‰ преснее вод на этой глубине, в силу чего даже зимой вертикальная устойчивость верхнего 200-метрового слоя продолжает оставаться довольно большой — 437 ($E \cdot 10^8$). Совсем другая картина наблюдается на материковом склоне вблизи верхней его границы: к юго-востоку от о-вов Шумагина (пара ст. № 7) и особенно к западу от о-ва Мидлтон (пара ст. № 1). Здесь на горизонте 150 м находится вода почти той же температуры, что и летом, но соленость ее значительно меньше той, которая наблюдается в более мористой части материкового склона на том же уровне. Последнее обстоятельство и обусловило превышение солености на глубине 150 м над поверхностной соленостью в паре ст. № 7 всего на 0,7‰, а в паре ст. № 1 и того меньше и привело к значениям устойчивости соответственно 262 и 123 ($E \cdot 10^8$).

Таким образом, чем больше соленость нижних слоев воды на шельфе и верхней части материкового склона зал. Аляска отличается от океанической (за счет влияния опреснения), тем ниже значения вертикальной устойчивости слоев воды и тем интенсивнее происходит вертикальный обмен вод.

ВОДНЫЕ МАССЫ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЗАЛИВА АЛЯСКА

Как было неоднократно показано рядом авторов [12, 16, 23 и др.], воды Аляскинского течения, имеющие в районе своего зарождения (Тихоокеанский дрейф) свойства вторичных водных масс умеренных широт, по мере прохождения в зал. Аляска и, попадая в верхней своей части в условия сильного опреснения и зимнего охлаждения, постепенно преобразуются в водные массы субарктической структуры.

Субарктическая структура вод зал. Аляска характеризуется пониженной соленостью и значительным годовым ходом температуры.

Нас интересует в основном субарктическая структура вод зал. Аляска в его западной части, в районе, прилегающем к материковому склону.

Конкретные термохалинные характеристики этой структуры могут быть установлены по материалам советских исследований в заливе за последние годы.

Для выяснения особенностей зимней модификации субарктической структуры вод зал. Аляска нами были использованы материалы наблюдений на «Орлике» в конце декабря 1961 г. — в начале января 1962 г.

На рис. 12 показаны две t, S -кривые станций, выполненных на «Орлике» на материковом склоне.

Обе t, S -кривые совершенно однотипны, что свидетельствует об одной и той же структуре вод в обоих участках залива: левая «опущенная вниз» ветвь каждой из t, S -кривых соответствует зимнему охлаждению верхнего примерно 150-метрового слоя, средняя часть каждой из t, S -кривых соответствует термическому ядру Аляскинского течения, и, наконец, их правые «опущенные вниз» ветви обозначают плавное понижение температуры и повышение солености с глубиной, характерное для всей толщи воды ниже термического ядра течения.

Правда, обе t, S -кривые имеют также и существенные различия, наглядно иллюстрирующие уже описанное нами выше различие теплосодержания вод в разных районах залива по пути Аляскинского течения: вся кривая района вершины залива (а) расположена на более высоком диапазоне шкалы температуры, чем кривая Приуникамского района (б); кривая а имеет плоский пик в отличие от острого пика кривой б, что

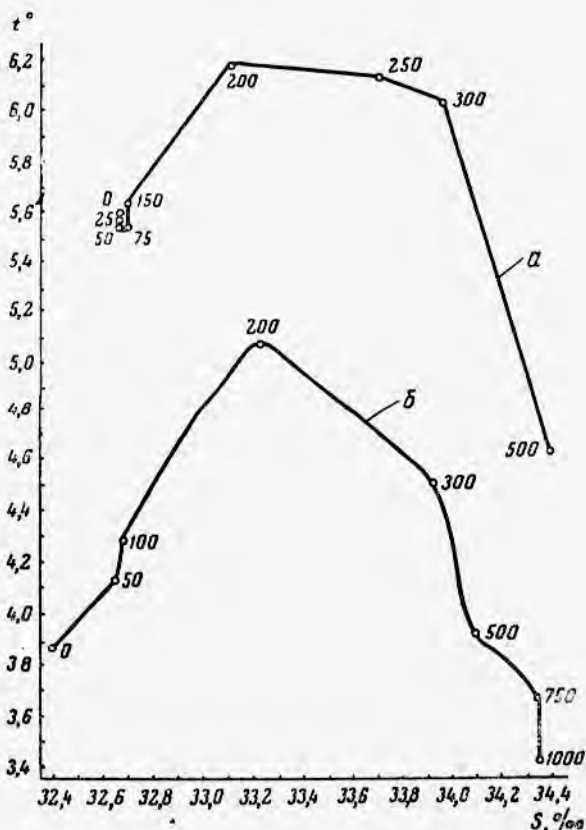


Рис. 12. t, S -кривые станций, выполненных на «Орлике» на материковом склоне:

а — ст. № 16, 5/1 1962 г., глубина 555 м, близ о-ва Каяк ($\varphi=59^{\circ}29'$ с. ш., $\lambda=144^{\circ}50'$ з. д.); б — ст. № 3, 31/XII 1961 г., глубина 1000 м, в районе, прилегающем к проливу Уникам ($\varphi=53^{\circ}56'$ с. ш., $\lambda=161^{\circ}47'$ з. д.).

соответствует значительному сужению живого сечения термического ядра течения на его пути от вершины залива до пролива Унимак.

Но главное состоит в том, что зимой для западной части залива в зоне Аляскинского течения характерна трехслойная структура вод: наличие, кроме поверхностной водной массы, подверженной зимнему охлаждению, еще двух водных масс — промежуточной, соответствующей термическому ядру Аляскинского течения, и глубинной ниже этого ядра.

Экспедиционные работы на «Первенце» в августе 1960 г. позволили достаточно подробно проследить за особенностями летней модификации субарктической структуры вод зал. Аляска (рис. 13).

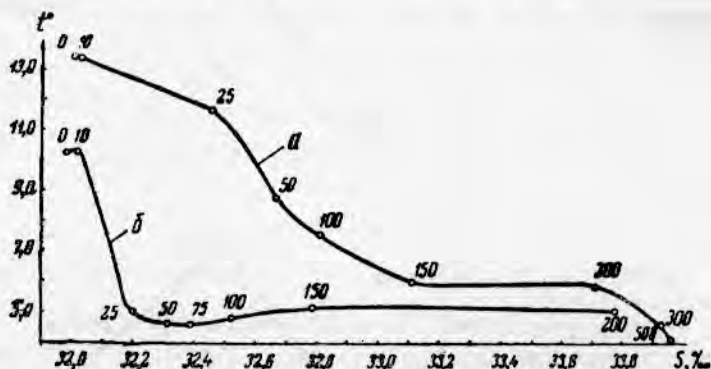


Рис. 13. t , S -кривые станций, выполненных на «Первенце» на материковом склоне:

a — ст. № 132, 29/VIII 1960 г., глубина 1800 м, в районе к югу от зал. Якутат ($\varphi = 58^{\circ}30'$ с. ш., $\lambda = 140^{\circ}09'$ з. д.); b — ст. № 100 15/VIII 1960 г., глубина 220 м, к юго-востоку от пролива Унимак ($\varphi = 54^{\circ}07'$ с. ш., $\lambda = 162^{\circ}40'$ з. д.).

При сравнении t , S -кривых рис. 13 обнаруживается, что летний прогрев поверхностного слоя в Приякутатском районе — свыше 13° , в то время как в Приунимакском районе лишь немногим более 10° ; различен переход от верхнего прогретого слоя к промежуточному слою — термическому ядру Аляскинского течения: в первом случае (кривая a) он замаскирован прогревом, во втором (кривая b) выступает довольно четко благодаря наличию на глубинах 25—125 м холодного промежуточного слоя; наконец, различна и величина максимальной температуры в термическом ядре Аляскинского течения: 6° к югу от зал. Якутат и $5,2^{\circ}$ в Приунимакском районе (значения близкие к средним величинам, приведенным нами для этих районов на рис. 9).

Но так же как и для t , S -кривых, построенных по зимним наблюдениям, нас здесь, прежде всего, интересуют черты сходства летних t , S -кривых. Основное их сходство опять-таки состоит в трехслойной структуре вод: поверхностная водная масса, отражающая в данном случае летний прогрев*, промежуточная водная масса — термическое ядро Аляскинского течения, а также глубинная водная масса, расположенная ниже промежуточной и прослеженная в данном случае лишь по материалам ст. № 132 (кривая a), выполненной в районе достаточных для этого глубин. Обобщенные сведения о водных массах западной части зал. Аляска над материковым склоном в районе прохождения термического ядра Аляскинского течения приведены в табл. 2.

В зоне Аляскинского течения за пределами прохождения его ядра воды промежуточного слоя сначала лишь слегка намечаются на кривых вертикального распределения температуры в виде небольшого ее повы-

* А также большую (кривая a) и меньшую (кривая b) степень уничтожения следов зимнего охлаждения.

Таблица 2

Водные массы	Глубины распро- странения, м	Температура, град	Соленость, ‰
Поверхностные	0—150	Зимой 4—5*, летом прогрев поверхностного слоя и понижение с глубиной от 13 до 5 или от 10 до 5*	32—32,8*
Промежуточные (термическое ядро течения)	75—350	Повышение с глубиной до 5—6,5*, затем понижение (летом замаскировано сверху прогревом поверхностных вод)	Резкое повышение с глубиной примерно до 33,9
Глубинные	200—3000	Постепенное понижение с глубиной примерно до 3 на 1000 м и до 1,5 на 3000 м	Постепенное повышение с глубиной примерно до 34,4 на 1000 м и до 34,7 на 3000 м

* В зависимости от района.

шения с глубиной, а затем структура вод становится двухслойной: поверхностные воды, подверженные заметным сезонным изменениям характеристик, постепенно переходят в глубинные воды, отличающиеся плавным изменением характеристик по глубине, причем практически не меняющимся от сезона к сезону.

То же наблюдается и в центральной части зал. Аляска в халистатической зоне.

В районах шельфа западной части зал. Аляска структура вод, которые могут быть названы водной массой Аляскинского мелководья, однослойная. Вся толща вод этих районов сильно опреснена (особенно летом), а зимой сильно охлаждается (до 3°, а иногда и ниже), летом поверхностный слой значительно прогревается (до 13—15°).

Существенным обстоятельством является непрерывное пополнение этой водной массы в Приунимакском районе берингоморскими водами, входящими через восточные Алеутские проливы. Это пополнение, значительное при устойчивых северо-западных и северных ветрах, сказывается вплоть до о-вов Шумагина, вызывая обострение градиентов всех гидрологических и гидрохимических характеристик на вторичном фронтальном разделе между водной массой Аляскинского мелководья и водами термического ядра Аляскинского течения.

В заключение приведем некоторые общие соображения об особенностях гидрологического режима района материкового склона западной части зал. Аляска.

Экспедиция на «В. Скоресби» в Юго-Восточной части Атлантики в 1950 г. установила, что средняя скорость течения Игольного мыса в поверхностном слое (2 узла) над материковым склоном на значительном протяжении увеличивается до 4—5 узлов [3]. Незадолго до этого (в 1945 г.) А. Килеричем на основании исследований в Гренландском море (в районе между 79—75° с. ш.) отмечены максимальные скорости Восточно-Гренландского течения в поверхностном слое над наиболее крутыми участками материкового склона [21]. Еще в 1938 г. Р. Карстенсен, а также другие более ранние исследователи Гренландского моря отмечали, что стрежень Восточно-Гренландского течения проходит над материковым склоном [14].

Советский ученый Я. Я. Гаккель [2] показал, что в районе материкового склона Северного Ледовитого океана под влиянием неровностей дна происходит усиление перемешивания воды (на что частично затрачивается энергия приливов), а это означает, что тепло, содержащееся в

глубинных атлантических водах, более интенсивно, чем в других местах, выносятся на поверхность и отдается в атмосферу. Постоянный «подогрев» атмосферы в районе материкового склона Северного Ледовитого океана в свою очередь обуславливает наличие квазистационарной ложбины, вдоль которой преимущественно движутся циклоны. Я. Я. Гаккель подчеркивает, что «...смешением холодных и теплых вод в зоне материкового склона должны создаваться благоприятные условия для развития планктона и в свою очередь для nekтона и бентоса» и показывает, что эти условия действительно имеют место, и что зону материкового склона Северного Ледовитого океана следует рассматривать как биотоп.

Все сказанное в отношении особенностей материкового склона в разных частях Мирового океана относится также и к материковому склону зал. Аляска.

Большая крутизна материкового склона зал. Аляска и его сложная изрезанность каньонами особенно заметно сказывается на усилении турбулентного перемешивания вод. При этом, поскольку теплое Аляскинское течение занимает всю толщу вод от поверхности до значительных глубин, создаются особенно благоприятные условия для постоянного подогрева атмосферы за счет тепла, выносимого на поверхность воды от термического ядра этого течения. По-видимому, именно здесь следует искать причину того, что Алеутская депрессия выражена ярче и устойчивее, чем многие другие квазистационарные области пониженного давления атмосферы. Опираясь на это предположение, можно легко объяснить повышенную циклоничность всего района материкового склона западной части зал. Аляска от Алеутских о-вов до Якутата, неоднократно отмечавшуюся во время плаваний и экспедиционных исследований в заливе.

Дело в том, что, двигаясь с юго-запада на северо-восток вдоль материкового склона, циклоны получают дополнительную энергию для своего развития в виде тепла Аляскинского течения. Но так как к району зал. Якутат — о-в Каяк Аляскинское течение подходит в направлении, почти перпендикулярном оси Алеутской ложбины (с юго-востока), циклоны, доходя до этого района, лишаются дополнительной энергии развития от теплового течения. Встретив к тому же на своем пути возвышенное побережье Аляски, циклоны резко замедляют продвижение, начинают медленно кружить в одном районе, постепенно заполняясь. Вот почему район между о-вом Каяк и зал. Якутат известен морякам как своеобразное «кладбище циклонов».

Напомним, что с материковым склоном связано Аляскинское теплое течение, термическое ядро которого проходит в основном на уровне верхней части склона и его границы с шельфом и вблизи этой границы, к югу от нее. Максимальные скорости Аляскинского течения (его динамическая ось) также приурочены к материковому склону. Наконец, по большей части границы шельфа и материкового склона зал. Аляска проходит фронтальный раздел между водной массой Аляскинского мелководья и водами Аляскинского течения на уровне этой границы, т. е. водами термического ядра этого течения. Волнообразные изгибы фронтального раздела приводят к образованию вторичных антициклонических и циклонических круговоротов в потоке Аляскинского течения, создающих усиленное вертикальное перемешивание вод и непрерывное перераспределение слоев воды, обогащенной кислородом и биогенными веществами.

Из изложенного следует, что материковый склон является своеобразной физико-географической зоной зал. Аляска, характеризующейся совершенно особыми условиями в атмосфере, гидросфере и в биосфере.

Изучение своеобразия природных условий зоны материкового склона зал. Аляска еще только начато. Его необходимо продолжить и расши-

рять в ходе дальнейших работ советских комплексных научно-промысловых экспедиций в северо-восточной части Тихого океана.

ВЫВОДЫ

1. Границе шельфа и материкового склона западной части зал. Аляска соответствует вторичный фронтальный раздел в гидросфере, вдоль которого в потоке Аляскинского течения имеет место ряд круговоротов антициклонического и циклонического характера.

2. Термическое ядро Аляскинского течения в каждом данном месте относительно стабильно во времени, но его теплосодержание уменьшается по мере продвижения течения таким образом, что максимальная температура в ядре на одном сечении всегда отличается от максимальной температуры на другом сечении в среднем на одну и ту же величину. Определен темп убывания максимальной температуры в термическом ядре Аляскинского течения по мере его следования в заливе: $0,1^{\circ}$ в среднем на каждые 50—60 миль пути, проходимого течением.

3. Воды термического ядра Аляскинского течения на значительном протяжении являются придонными водами нижней части шельфа и верхней части материкового склона западной части зал. Аляска, т. е. средой обитания придонных рыб этой части залива.

4. Водная толща западной части зал. Аляска над материковым склоном имеет трехслойную структуру: поверхностные воды (подверженные сезонным изменениям характеристик), промежуточные воды — термическое ядро Аляскинского течения и глубинные воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баталин А. М. Вопросы меандрирования Куро-О. Океанология. Т. 1. Вып. 6, 1961.
2. Гаккель Я. Я. Материковый склон как географическая зона Северного Ледовитого океана. Изв. Всесоюз. географ. об-ва. Т. 89. Вып. 6, 1957.
3. Евгенов Н. И. Морские течения. М., 1953.
4. Иванов Б. Г. Скопления креветок в западной части Аляскинского залива. «Рыбное хозяйство» № 1, 1962.
5. Любимова Т. Г. О морском окуне залива Аляска. «Рыбное хозяйство» № 9, 1961.
6. Любимова Т. Г. Основные черты биологии и распределения морского окуня *Sebastes alutus* (Gilbert) в заливе Аляска. Тр. ВНИРО—ТИНРО. Т. 49. Вып. 1, 1962.
7. Морской атлас. Т. II, М., 1953.
8. Муромцев А. С. Основные черты гидрологии Тихого океана. Гидрометеорологическое изд-во, Л., 1958.
9. Натаров В. В. О водных массах и течениях Берингова моря. Труды ВНИРО—ТИНРО. Т. 49. Вып. 1, 1962.
10. Плахотник А. Ф. Гидрология северо-восточной части Тихого океана (обзор литературных источников). Тр. ВНИРО. Т. 46. Вып. 1, М., Пищепромиздат, 1962.
11. Федосов М. В. и Давидович Р. Л. Некоторые особенности гидрохимического режима Берингова моря. Тр. ВНИРО—ТИНРО. Т. 49. Вып. 1, 1962.
12. Ширей Е. А. Гидрологические условия северо-восточной части Тихого океана в осенне-зимний период 1958—1959 г. Тр. Института океанологии АН СССР. Т. 45, 1961.
13. Bennett E. B. Some oceanographic features of the Northeast Pacific Ocean during August 1955. Journ. Fish. Res. Bd. of Canada. Vol. 16, No. 5, 1959.
14. Carstensen E. Fremsettelse af et dynamisktopografisk Korh over Ostgrön landsstrømmen mellem 74° og 79° N. Br. paa Grundlang af hidtidig giorte Under-søgelsler; disse Egne. Geografisk Tidsskrift, Bd. 41, Halbd. I, København, 1938.
15. Doe L. A. Offshore waters of the Canadian Pacific coast. Fish. Res. Bd. of Canada. Vol. 12, No 1, 1955.
16. Fleming R. H. Review of the oceanography of the Northern Pacific. «Internat. North. Pacific Fish. Commission Bull.». No 2, Vancouver, 1955.

17. Fleming R. H. Notes concerning the halocline in the Northeastern Pacific ocean. «Journ. Mar. Res.». Vol. 17, 1958.
 18. Goodman J. and Thompson T. Characteristics of the waters in sections from Dutch Harbor. Univ. Wash. Public. in Oceanogr. Vol. 3, No 3, 1940.
 19. Igelsrud J., Robinson R. and Thompson T. The distribution of phosphates in the Sea water of the Northeast Pacific. Univ. Wash. Public. in Oceanogr. Vol. 3, No 1, 1936.
 20. Jacobs W. The energy exchange between sea and atmosphere and some of its consequences. «Bull. of the Scripps Inst. Oceanogr.». Vol. 6, No 2, 1951.
 21. Kiillerich A. On the hydrography of the Greenland Sea. Meddelelser om Grönland. Bd. 144, H. 2, 1945.
 22. Robinson M. K. Sea temperature in the Gulf of Alaska and in the Northeast Pacific Ocean. 1941—1952. «Bull. of the Scripps Inst. Oceanogr.» Vol. 7, No 1, 1957.
 23. Sverdrup H. U., Johnson M. W. and Fleming R. H. The Ocean their physics, chemistry and general biology, 1942.
 24. Thompson T. and oth. Hydrographic sections and calculated currents in the Gulf of Alaska, 1929. «Report Internat. Fish. Comm.» No 10, 1936.
 25. Tully J. and Barber F. An estuarine analogy in the Sub-Arctic Pacific Ocean. «Journ. Fish. Res. Bd. of Canada». Vol. 17, No 1, 1960.
-

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

551.465(265.2)

СХЕМА ВЕТРОВОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ТЕЧЕНИЙ БЕРИНГОВА МОРЯ В АВГУСТЕ 1959 и 1960 г.

З. Ф. Гурикова
Кафедра физики моря ДВГУ

и

Т. Т. Винокурова и В. В. Натаров
ТИНРО

Задачей наших исследований явилось изучение основных черт формирования общей циркуляции течений Берингова моря в целях выяснения влияния их на распределение водных масс и условия обитания водных организмов.

Общепринято утверждение, что в создании общей циркуляции Берингова моря большую роль играет приток тихоокеанских вод. Однако неясно, почему эти воды проникают в Берингово море, какова причина их движения в пределах самого моря.

В статье А. М. Баталина [2], опубликованной в настоящем сборнике, устанавливается, что в зоне пролива между Командорскими и Ближними о-вами приток тихоокеанских вод с моря определяется поперечной неравномерностью ветрового поля над самой южной окраиной, прилегающей к этому проливу. В нашей работе мы рассматривали основные черты формирования общей циркуляции течений всего моря под действием пространственной неравномерности поля ветров, представленного полем атмосферного давления. Рассмотрим сначала результаты исследований системы течений Берингова моря, проведенных до настоящего времени.

В. Доллом [25] была составлена первая предположительная схема течений Берингова моря, согласно которой циркуляция вод носит циклонический характер. В. Долл считал, что в западной части моря течение направлено из Северного Ледовитого океана на юг, а в восточной тихоокеанские воды через проливы Алеутской гряды устремлены на север. С. О. Макаров [12], обобщив наблюдения, проведенные в северной части Тихого океана, разделял мнение Долла о циклонической циркуляции вод Берингова моря. В 1911 г. Шульц [28] в результате обработки большого числа наблюдений, выполненных военными судами разных стран, предложил схему течений Берингова моря. Обработав и обобщив данные о течениях, ветрах, температурах воды и воздуха, Шульц получил сезонные карты распределения ветров и установил зависимость поверхност-

ных течений от ветрового режима. Согласно схеме Шульца течения в Беринговом море в летний период при преобладающих южных ветрах направлены с юга на север, а зимой северные ветры создают течения южного направления. Кроме того, Шульц считает, что тихоокеанские воды летом входят в Берингово море через западные и восточные проливы Алеутской гряды двумя мощными потоками.

В 1937 г. Г. Е. Ратманов [15] в результате работ экспедиций ГГИ и ТИРХ в 1932—1933 гг. получил новую более детальную схему течений Берингова моря для летнего периода, составленную на основании динамических карт и непосредственных наблюдений над течениями (рис. 1).

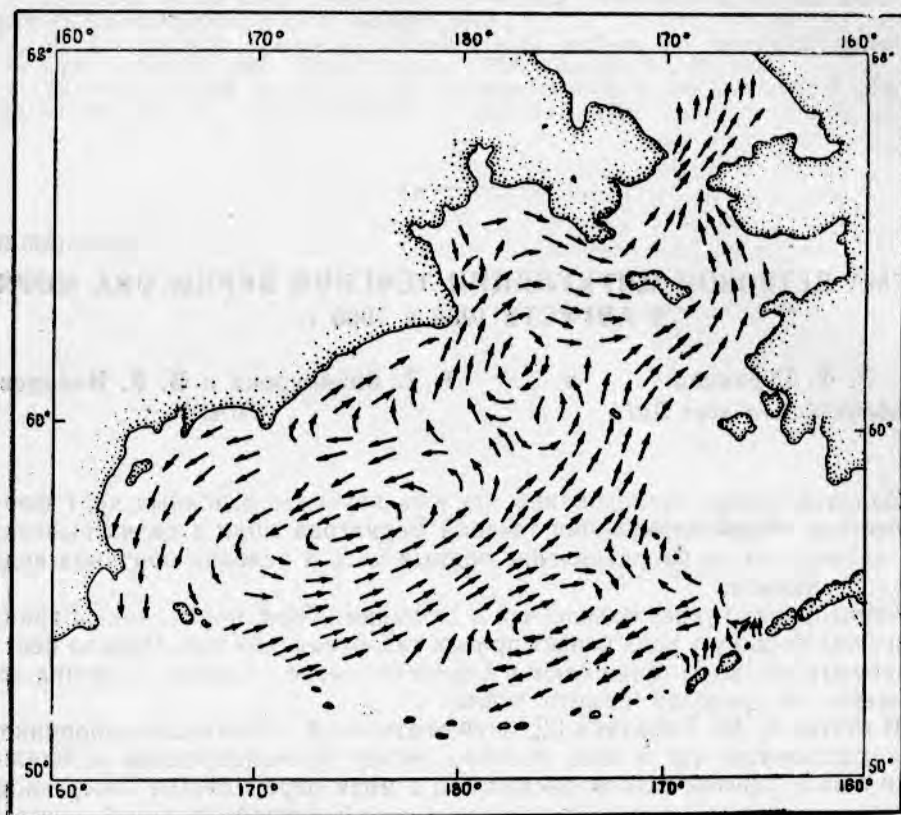


Рис. 1. Схема течений на поверхности (по П. Е. Ратманову).

Приток тихоокеанской воды в Берингово море через проливы Алеутской гряды Г. Е. Ратманов считает «одной из главных причин, определяющих во многом гидрологический режим моря, в том числе и систему течений» [15]. Наиболее четко этот приток прослеживается в проливе между Командорскими и Алеутскими о-вами и в проливах около о-ва Уналашка. Учитывая громадное значение в распределении течений таких факторов, как конфигурация берегов, сложный рельеф дна Берингова моря, отклоняющую силу вращения земли и т. д., Ратманов предложил схему течений для летнего периода, ставшую общепризнанной.

Ратманов выделил основной приток тихоокеанских вод, поступающих через пролив между Алеутскими и Командорскими о-вами, проследил его дальнейшее передвижение в Беринговом море. Этот поток, войдя в море и приблизившись к материковому склону, разделяется на две ветви, которые и образуют два больших круговорота в центральной части моря. В западной части моря вода в круговороте движется против часовой

стрелки, а в восточной — по часовой стрелке. Центр западного круговорота находится примерно на широте 57° N и долготе 175° E, а восточного — немного южнее 55° N и 176° W.

При подходе к мысу Олюторский левая ветвь основного потока вследствие выступающего берега и сложного подводного рельефа разделяется на два потока, один из которых направляется на северо-восток, а второй — на юг и юго-запад и частично через пролив между п-овом Камчатка и Командорскими о-вами выходит в Тихий океан (Камчатское течение на современных отечественных картах и Оясио — на зарубежных). Вторая ветвь, идущая на северо-восток, проходит между двумя круговоротами, расположенными в районе мыса Наварин, и направляется затем к южному берегу Чукотского п-ова, а от него через проливы между мысом Чаплина, о-вом Св. Лаврентия и материком Америки уходит через Берингов пролив в Северный Ледовитый океан.

В восточной половине моря круговорот воды поддерживается основным потоком, направленным на северо-восток, и частично проникающим в Берингово море Аляскинским течением, направленным главным образом на запад. Такова в общих чертах схема поверхностных течений Ратманова.

Кроме того, Ратманов [16] на основании непосредственных наблюдений над течениями дал характеристику режима течений в районе Берингова пролива, которая нашла подтверждение в теоретических расчетах В. Б. Штокмана [23].

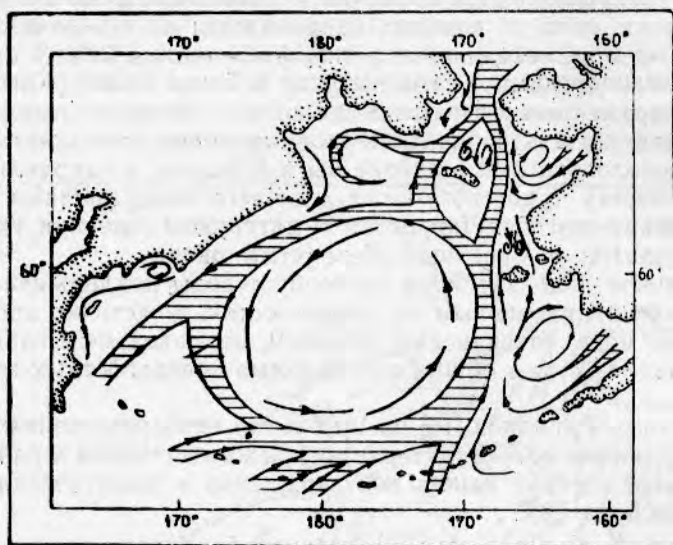
В 1947 г. А. К. Леоновым [9] была опубликована схема общей циркуляции водных масс Берингова моря для летнего и зимнего периодов, согласно которой тихоокеанские воды поступают в Берингово море в четырех местах: между Командорскими о-вами и крайним западным островом Алеутской гряды, через проливы между о-вами Симиши и Киска, в проливе западнее о-ва Ганага и в проливы между о-вами Уналашка и Амля. Войдя в Берингово море, эти ветви, соединяясь вместе, образуют мощное Тихоокеанское течение, направленное вначале на восток вдоль Алеутской гряды, а затем на меридиане о-ва Павла — на север к Берингову проливу. Несколько южнее о-ва Св. Лаврентия от Тихоокеанского течения ответвляется поток, который зимой направлен к югу, а летом разделяется на две части, одна из которых также идет на юг, а вторая входит в пролив между мысом Чаплина и западной окраиной о-ва Св. Лаврентия. Течение, направленное на юг (Камчатское течение), на параллели мыса Олюторского и о-ва Карагинского отделяет от себя ветвь (течение Беринга), которая, соединяясь вскоре с Тихоокеанским течением, уходит на север. В южной части моря перемещение вод, обусловленное Тихоокеанским течением, мало изменяется в течение года (рис. 2).

В 1957 г. В. Б. Штокман [23] подверг резкой и справедливой критике работы А. К. Леонова [9, 10], указывая, что, перечисляя всевозможные факторы, определяющие горизонтальную циркуляцию вод Берингова моря, Леонов так и не объяснил причины этой циркуляции.

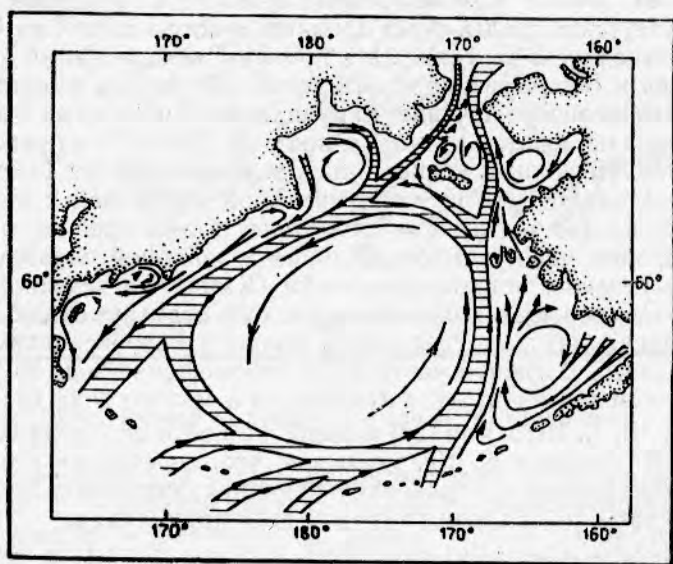
А. К. Леонов в недавно вышедшей в свет работе [11] подчеркивает, что течения Берингова моря непосредственно связаны с поступлением тихоокеанских вод через Алеутские проливы в результате водообмена Северного Ледовитого океана с северными частями Атлантического и Тихого океанов. Но Леонов, к сожалению, не объясняет причин этого водообмена.

Следует обратить внимание на интересную попытку К. Н. Федорова [19], выяснить схему полных потоков Берингова моря методом косвенного моделирования. Используя аналогию между уравнениями полных потоков и малых прогибов тонкой упругой пластины, Федоров получил распределение полных потоков для зимнего периода (февраль). Учитывая преобладающий циклонический характер распределения ба-

рического поля над Беринговым морем в течение всего года, Федоров склонен утверждать, что полученная им схема полных потоков подтверждает существование устойчивой циклонической циркуляции постоянных ветровых течений в море (рис. 3). Однако, как указывает Фе-



a



б

Рис. 2. Схема общей циркуляции водных масс Берингова моря (по А. К. Леонову):
а — летом; б — зимой.

доров, полученная картина полных потоков страдает некоторой схематичностью.

Таким образом, большинство авторов, перечисленных выше, считают, что главным импульсом, создающим течения в Беринговом море, является приток тихоокеанских вод. Но в самом море должны действовать при-

чины, определяющие возможность этого притока. Этой причиной могла бы быть ветровая деятельность над самим морем [19, 23].

По предложению А. М. Баталина и под его руководством авторами статьи была сделана попытка рассчитать схему полных потоков Берингова моря, исходя из предположения, что это море представляет собой замкнутый бассейн. Такое предположение может быть оправдано тем, что нас интересует пока только частная задача — создает ли неравномерное распределение вертикальной составляющей тангенциального на-

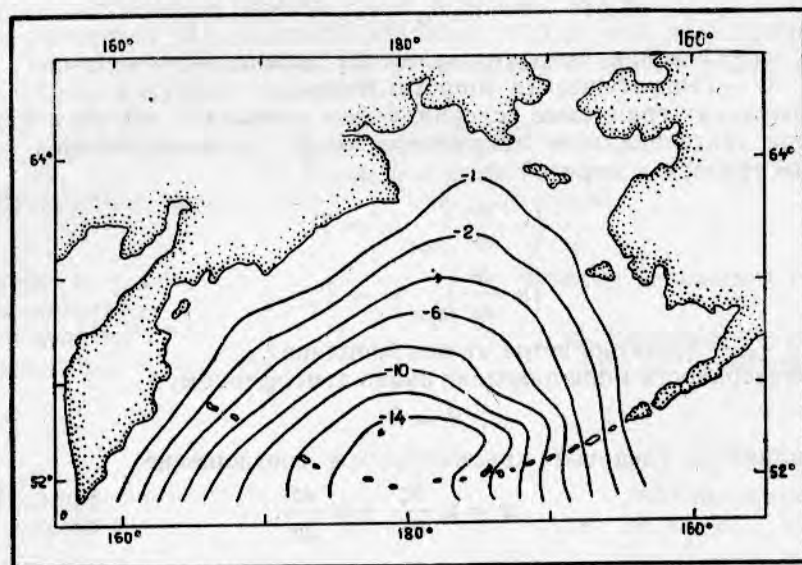


Рис. 3. Схема распределения полных потоков в Беринговом море в феврале (по К. Н. Федорову).

пряжения ветра над самым морем условия, необходимые для возникновения общей циркуляции течений в пределах Берингова моря независимо от водообмена с океаном.

При решении задачи определения установившихся морских течений глубокого бароклинного слоя моря учитывается распределение поля ветра над морем, турбулентный обмен количеством движения как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, параметр Кориолиса и плотность морской воды. Предполагается, что ветровое течение не проникает до самого дна, а захватывает верхний бароклинный слой моря. Уравнения установившегося движения для бароклинного моря можно записать так:

$$\left. \begin{aligned} \mu_L \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial z} \right) + 2f\rho v &= \frac{\partial P}{\partial x} \\ \mu_L \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \frac{\partial v}{\partial z} \right) - 2f\rho u &= \frac{\partial P}{\partial y} \end{aligned} \right\}; \quad (1)$$

$$g\rho = \frac{\partial P}{\partial z}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \quad (3)$$

где u, v, w — составляющие скорости течения вдоль декартовых осей координат X, Y, Z ;

P — давление;

g — ускорение силы тяжести;
 ρ — плотность морской воды;
 μ_L — коэффициент горизонтального обмена количеством движения (предполагается постоянным);
 μ — коэффициент вертикального обмена количеством движения (предполагается, что не зависит от вертикальной координаты);
 f — параметр Кориолиса,

$$f = 2\omega \cdot \sin \varphi;$$

ω — угловая скорость вращения земли;

φ — географическая широта места.

Формулируя граничные условия, будем учитывать, что на поверхности моря тангенциальное напряжение ветра уравнивается турбулентным трением в морской воде, т. е. при $Z = \zeta$

$$\left(\mu \frac{\partial u}{\partial z} \right)_{Z=\zeta} = -T_x; \quad (4)$$

$$\left(\mu \frac{\partial v}{\partial z} \right)_{Z=\zeta} = -T_y,$$

где T_x и T_y — проекции ветра на оси координат.

На поверхности моря давление равно атмосферному

$$P = P_a \quad (5)$$

и выполняется следующее кинематическое соотношение

$$w = u \frac{\partial \zeta}{\partial x} + v \frac{\partial \zeta}{\partial y}. \quad (5')$$

В бароклинном слое толщиной H поле плотности приспособляется к полю движения, т. е., как мы указывали выше, на нижней границе бароклинного слоя скорости затухают и исчезают горизонтальные градиенты давления: при $z = H$

$$\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial v}{\partial z} = 0; \quad (6)$$

$$w = 0; \quad (7)$$

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial y} = 0. \quad (8)$$

Формулируя граничные условия на контуре моря, предположим, что берега обрываются отвесно и что глубина моря у берегов равна толщине бароклинного слоя, т. е. создается условная вертикальной стенки, через которую могут иметь место потоки воды. Поэтому в данном случае граничные условия относятся только для полных потоков, а не для скорости течения. На береговой черте можно принять для полного потока условия прилипания или условия скольжения.

При условиях прилипания обращаются в нуль нормальная Φ_n и тангенциальная Φ_τ — составляющие полного потока Φ .

$$(\Phi_n)L = 0; \quad (9)$$

$$(\Phi_\tau)L = 0. \quad (10)$$

Принимая условия скольжения, имеем на береговой черте обращение в нуль нормальной составляющей полного потока и вертикальной составляющей вихря $\text{rot}_z \Phi$ полного потока.

$$(\Phi_n)L = 0; \quad (11)$$

$$(\text{rot}_z \Phi)L = 0. \quad (12)$$

Условия (9) и (10), (11) и (12) формулируются только для тех участков моря, где имеется берег. Если море замкнуто, то задача вполне определена; если море сообщается с океаном проливами или является заливом океана, то для решения задачи должны быть заданы величины полных потоков на жидких границах.

Интегрирование системы уравнений (1), (2) и (3) с граничными условиями (9) и (10) или (11) и (12) представляет большую сложность, поэтому большинство авторов [20—22, 24] сводят ее к одному уравнению, решение которого не представляет большого труда.

Из уравнения (1) исключим давление P . Для этой цели проинтегрируем уравнение гидростатики (2) от поверхности моря $z = \zeta$ до некоторой глубины z и учтем условие (5).

$$P = P_a + g \int_{\zeta}^z \rho dz. \quad (13)$$

Плотность ρ можно представить в виде суммы

$$\rho = \rho_0 + \varepsilon,$$

где через $\rho_0 = \text{const}$ обозначено значение плотности на нижней границе бароклинного слоя $z = H = \text{const}$.

На этой границе изопикнические поверхности предполагаются горизонтальными. Выражение (13) тогда можно записать в таком виде:

$$P = P_a + g\rho_0(z - \zeta) + g \int_{\zeta}^z \varepsilon dz. \quad (14)$$

Продифференцировав выражение (14) по x и y , получим выражения для горизонтальных градиентов давления в морской воде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial P}{\partial x} &= \frac{\partial P_a}{\partial x} - g\rho_0 \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \frac{\partial}{\partial x} \int_{\zeta}^z \varepsilon dz; \\ \frac{\partial P}{\partial y} &= \frac{\partial P_a}{\partial y} - g\rho_0 \frac{\partial \zeta}{\partial y} + g \frac{\partial}{\partial y} \int_{\zeta}^z \varepsilon dz. \end{aligned} \quad (15)$$

Из выражения (15) следует, что горизонтальные градиенты давления представляют сумму трех слагаемых. Первые слагаемые обусловлены неравномерностью атмосферного давления, вторые — наклонами физической поверхности моря и третьи — горизонтальной неравномерностью распределения плотности. Если представить понижение поверхности моря ζ в виде суммы статического ζ_c и динамического ζ' понижений

$$\zeta = \zeta_c + \zeta', \quad (16)$$

то будем иметь

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_a}{\partial x} - g\rho_0 \frac{\partial \zeta_c}{\partial x} &= 0; \\ \frac{\partial P_a}{\partial y} - g\rho_0 \frac{\partial \zeta_c}{\partial y} &= 0. \end{aligned}$$

А статическое понижение уровня запишется в виде

$$\zeta_c = \frac{1}{g\rho_0} \left[P_a - \frac{1}{\sigma} \iint_{\sigma} P_a dx dy \right], \quad (17)$$

где σ — поверхность моря.

Динамическое понижение уровня ζ' находим из равенств (15), учитывая при этом равенства (16) и (17):

$$\frac{\partial P}{\partial x} = -g\rho_0 \frac{\partial \zeta'}{\partial x} + g \frac{\partial}{\partial x} \int_{\zeta}^z \varepsilon dz, \quad (18)$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} = -g\rho_0 \frac{\partial \zeta'}{\partial y} + g \frac{\partial}{\partial y} \int_{\zeta}^z \varepsilon dz.$$

Подставляя выражение (18) в граничные условия (8), получим

$$\begin{aligned} \rho_0 \frac{\partial \zeta'}{\partial x} &= \frac{\partial}{\partial x} \int_{\zeta}^H \varepsilon dz, \\ \rho_0 \frac{\partial \zeta'}{\partial y} &= \frac{\partial}{\partial y} \int_{\zeta}^H \varepsilon dz. \end{aligned} \quad (19)$$

Уравнения для горизонтальных составляющих скорости течения (1) согласно равенствам (18) и (19) запишутся в таком виде:

$$\begin{aligned} \mu_L \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial z} \right) + 2f\rho v &= -g \frac{\partial}{\partial x} \int_z^H \varepsilon dz; \\ \mu_L \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \frac{\partial v}{\partial z} \right) - 2f\rho u &= -g \frac{\partial}{\partial y} \int_z^H \varepsilon dz. \end{aligned} \quad (20)$$

Из уравнения неразрывности (3) исключим вертикальную составляющую скорости течения w .

Интегрируя это уравнение по z от поверхности моря ($z=\zeta$) до нижней границы бароклинного слоя ($z=H$) и учитывая условия (51) и (7), получим уравнение неразрывности в интегральной форме

$$\frac{\partial \Phi_x}{\partial x} + \frac{\partial \Phi_y}{\partial y} = 0,$$

т. е.

$$\operatorname{div} \Phi = 0, \quad (21)$$

где Φ_x и Φ_y — составляющие полного потока, равные

$$\Phi_x = \int_{\zeta}^H u dz$$

и

$$\Phi_y = \int_{\zeta}^H v dz. \quad (22)$$

Учитывая равенства (21) и (22) и условия (4) и (6), проинтегрируем уравнения (20) по z от поверхности моря $z=\zeta$ до нижней границы бароклинного слоя $z=H$ и получим уравнения для составляющих полного потока

$$\begin{aligned} \mu_L \left(\frac{\partial^2 \Phi_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi_x}{\partial y^2} \right) + T_x + 2f\rho \Phi_y &= g \frac{\partial Q}{\partial x}; \\ \mu_L \left(\frac{\partial^2 \Phi_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi_y}{\partial y^2} \right) + T_y - 2f\rho \Phi_x &= g \frac{\partial Q}{\partial y}. \end{aligned} \quad (23)$$

Здесь Q — величина, характеризующая поле плотности, осредненное по вертикали в пределах бароклинного слоя.

$$Q = \int_0^H dz \int_z^H \rho dz. \quad (24)$$

Система уравнений (23) и (21) представляет собой замкнутую систему, так как содержит три уравнения и три неизвестных функции и является исходной для определения полных потоков в бароклинном море.

Полный поток можно представить как движение морской воды, заключенной в единичном столбе с площадью сечения, равной единице, и высотой, равной толщине бароклинного слоя. В каждый момент времени этот единичный столб могут заменить другие частицы жидкости. Применяя законы динамики к целому столбу, а не к отдельным частицам жидкости, можно перейти к рассмотрению движения центра инерции всего столба под действием внешних сил, пренебрегая внутренними силами. Метод полных потоков основан на определении горизонтального движения центра тяжести единичного столба морской воды под действием силы ветра, силы Кориолиса, ускорения силы тяжести и горизонтально-го обмена количеством движения.

Если рассматривать течение как установившееся и пренебречь нелинейными инерционными членами, сохраняется условие баланса, заключающегося в том, что сумма всех сил, действующих на единичный столб воды, равняется нулю. Это условие и соблюдается в уравнениях (23), где первые слагаемые обусловлены горизонтальным обменом количеством движения, вторые — тангенциальным напряжением ветра, третьи — параметром Кориолиса, а правые части характеризуют распределение плотности в поле земного тяготения.

Система уравнений (23) неудобна из-за членов правой части, связанных с распределением водных масс. Чтобы установить зависимость полного потока Φ от тангенциального напряжения ветра независимо от распределения плотности, характеризующей ее величиной Q , достаточно продифференцировать первое уравнение (23) по y , а второе по x и вычесть из второго первое уравнение. Направив ось Y на север и учтя равенство (21), получим

$$\mu_L \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 \Phi_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi_x}{\partial y^2} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 \Phi_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi_y}{\partial y^2} \right) - \frac{df}{dy} \Phi_y + \frac{\partial T_x}{\partial y} - \frac{\partial T_y}{\partial x} = 0. \quad (25)$$

Воспользуемся векторной символикой и перепишем уравнение (25)

$$\mu_L \nabla^2 \text{rot}_z \Phi - \frac{\partial f}{\partial y} \Phi_y = -\text{rot}_z T, \quad (26)$$

где ∇^2 — оператор Лапласа от функции полных потоков,

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}; \quad (27)$$

$\text{rot}_z \Phi$ и $\text{rot}_z T$ — вихри вертикальных составляющих полного потока и тангенциального напряжения ветра.

$$\text{rot}_z \Phi = \frac{\partial \Phi_y}{\partial x} - \frac{\partial \Phi_x}{\partial y} \quad (28)$$

и

$$\text{rot}_z T = \frac{\partial T_y}{\partial x} - \frac{\partial T_x}{\partial y}. \quad (29)$$

Введя функцию полных потоков $\psi(x, y)$, определяемую формулами

$$\Phi_x = -\frac{\partial \psi}{\partial y} \quad \text{и} \quad \Phi_y = \frac{\partial \psi}{\partial x}, \quad (30)$$

уравнение (26) можно записать в следующем виде:

$$\frac{\partial^4 \psi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \psi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \psi}{\partial y^4} - \frac{df}{dy} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} = -\frac{1}{\mu_L} \text{rot}_z \cdot T. \quad (31)$$

Сокращенно уравнение (31) можно записать так:

$$\nabla^4 \psi - \frac{df}{dy} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} = - \frac{1}{\mu_L} \text{rot}_z T, \quad (32)$$

где

$$\nabla^4 = \nabla^2 \nabla^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \quad (33)$$

— бигармонический оператор Лапласа.

Пренебрегая в уравнении (32) вторым слагаемым, обусловленным широтным изменением параметра Кориолиса ввиду небольших размеров Берингова моря по сравнению с океаном, можно записать

$$\nabla^4 \psi = - \frac{1}{\mu_L} \cdot \text{rot}_z T. \quad (34)$$

Таким образом, функция полных потоков для ограниченного моря пропорциональна вертикальной составляющей вихря тангенциального напряжения ветра.

Граничные условия прилипания для функции полных потоков запишутся в таком виде:

$$(\psi)_L = 0; \quad (35)$$

$$\left(\frac{\partial \psi}{\partial n} \right)_L = 0. \quad (36)$$

Условия скольжения для замкнутого моря примут вид

$$(\psi)_L = 0; \quad (37)$$

$$(\nabla^2 \psi)_L = 0. \quad (38)$$

Зная распределение ветра над акваторией моря, можно решать уравнение (34) с граничными условиями (35) и (36) либо (37) и (38).

Ветер обычно дается по весьма грубой шкале Бофорта, в открытом море наблюдений над ветром очень мало, поэтому осреднение его приводит к большим исключениям.

Следуя А. С. Саркисяну [17], К. Хидака [26] и А. И. Фельзенбауму [20], правую часть уравнения (34) можно представить как некоторую функцию атмосферного давления. По схеме стационарной циркуляции атмосферы Н. Е. Кочина [8] уравнения установившегося движения атмосферы запишутся следующим образом:

$$A \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + f' v_1 = \frac{\partial P_a}{\partial x}; \quad (39)$$

$$A \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - f' u_1 = \frac{\partial P_a}{\partial y},$$

где u_1, v_1 — компоненты скорости ветра;

P_a — атмосферное давление;

A — коэффициент вертикального обмена в атмосфере (предполагается, что A не меняется с высотой);

f' — параметр Кориолиса, умноженный на плотность воздуха ρ_a

$$f' = 2\omega \cdot \sin \varphi \cdot \rho_a. \quad (40)$$

Принимая во внимание то обстоятельство, что градиент давления в атмосфере не меняется с высотой, уравнения (39) запишутся в таком виде:

$$A \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + f' v_1 = f' v_g; \quad (41)$$

$$A \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - f' u_1 = -f' u_g,$$

где v_g и u_g — компоненты скорости геострофического ветра

$$\begin{aligned} u_g &= -\frac{1}{f'} \cdot \frac{\partial P_a}{\partial y}, \\ v_g &= \frac{1}{f'} \cdot \frac{\partial P_a}{\partial x}. \end{aligned} \quad (42)$$

Умножая второе уравнение (41) на $i = \sqrt{-1}$ и складывая с первым, получим уравнения движения в комплексной форме.

$$-\frac{1}{a^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + w_1 = w_g, \quad (43)$$

где

$$w_1 = u + iv, \quad (44)$$

$$w_g = u_g + iv_g$$

и

$$a^2 = \frac{f' \cdot i}{A}. \quad (45)$$

Граничные условия у земной поверхности, где имеет место прилипание воздуха, запишутся так:

$$(w_1)_{z=0} = 0. \quad (46)$$

Граничные условия на больших высотах, где ветер является геострофическим, примут вид

$$(w_1)_{z \rightarrow \infty} = w_g. \quad (47)$$

Решение уравнения (43), удовлетворяющие граничным условиям (46) и (47), запишется в виде

$$w_1 = w_g (1 - e^{-az}). \quad (48)$$

Учитывая комплексное выражение для тангенциального давления ветра

$$T = A \left(\frac{\partial w_1}{\partial z} \right)_{z=0}, \quad (49)$$

получим из выражения (48) уравнение вида

$$T = aAw_g. \quad (50)$$

Отделяя действительную и мнимую часть в уравнении (50), получим выражение для компонента тангенциального давления ветра T_x и T_y

$$T_x = -\sqrt{\frac{A}{2f'}} \left(\frac{\partial P_a}{\partial x} + \frac{\partial P_a}{\partial y} \right); \quad (51)$$

$$T_y = \sqrt{\frac{A}{2f'}} \left(\frac{\partial P_a}{\partial x} - \frac{\partial P_a}{\partial y} \right).$$

Завихренность тангенциального давления ветра, как уже указывалось выше, связана с T_x и T_y формулой (29), а именно:

$$\text{rot}_z T = \frac{\partial T_y}{\partial x} - \frac{\partial T_x}{\partial y}. \quad (51')$$

Подставляя выражения $\text{rot}_z T$ из (51') в уравнение (51), получим зависимость между завихренностью тангенциального давления ветра и изменением атмосферного давления

$$\text{rot}_z T = k \nabla^2 P_a, \quad (52)$$

где

$$k = \sqrt{\frac{A}{2f'}}. \quad (53)$$

а

$$\nabla^2 P_a = \frac{\partial^2 P_a}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P_a}{\partial y^2}. \quad (54)$$

Из выражений (53) и (51') следует, что $\text{rot}_z T$ пропорционален вертикальной составляющей вихря скорости геострофического ветра.

Эта пропорциональность может быть установлена и из физических соображений. Как уже указывалось выше, ветер вдали от земной поверхности является геострофическим, но, приближаясь к земле, под влиянием подстилающей поверхности и силы Кориолиса меняет свое направление. Ввиду того, что система горизонтальных осей координат не вращается, компоненты скорости ветра по вертикали не изменяются пропорционально друг другу. В метеорологии принято считать, что угол поворота не зависит от скорости, поэтому по мере приближения к земной поверхности углы не меняются. Следовательно, вихрь скорости ветра на любой высоте можно получить как результат умножения вихря скорости

геострофического ветра на некоторую функцию высоты. Вихрь тангенциального напряжения ветра получается умножением коэффициента турбулентного обмена количеством движения у земной поверхности на производную по вертикали от вихря скорости ветра у земной поверхности. Отсюда следует, что вихрь тангенциального напряжения ветра у поверхности земли пропорционален вихрю скорости геострофического ветра при любом изменении коэффициента обмена в атмосфере с высотой. Подставив выражение вихря вертикальной составляющей тангенциального напряжения ветра (52) в уравнение для функции полных потоков (34), получим зависимость распределения функции от распределения атмосферного давления над акваторией моря.

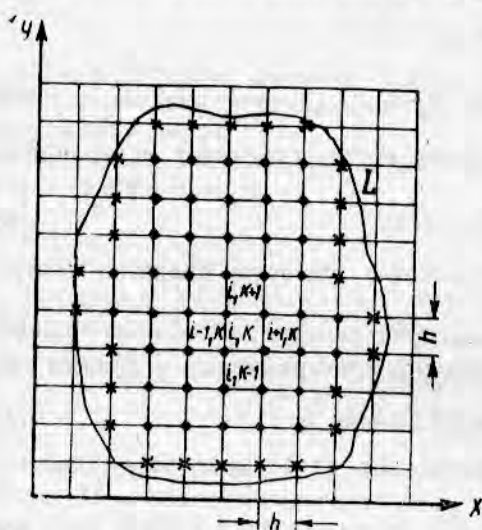


Рис. 4. Сеточная область для приближенного решения дифференциальных уравнений методом конечных разностей.

$$\nabla^4 \psi = - \frac{1}{\mu_L} \cdot k \nabla^2 P_a. \quad (55)$$

Таким образом, определение функции полных потоков ψ сводится к интегрированию неоднородного бигармонического уравнения (55) при определенных граничных условиях на контуре моря (35), (36) или (37), (38). Решение такого уравнения может быть получено двумя методами: аналитическим, когда контур береговой черты может быть задан аналитическим выражением, и приближенным, если контур моря имеет произвольную форму, что мы и имеем в действительности.

При определении установившихся течений в реальных условиях могут быть использованы численные методы решения. Наиболее распространенным методом численного решения задач математической физики является метод сеток или метод конечных разностей, в основе которого заключена замена дифференциального уравнения разностными. Для отыскания приближенного численного решения дифференциальных уравнений строится сеточная область, которая может быть составлена из квадратов, треугольников, прямоугольников и т. д. Наибольшее распространение получила квадратная сетка, строящаяся пересечением двух взаимно перпендикулярных прямых, отстоящих друг от друга на расстоянии h , называемым шагом разности (рис. 4).

Точки пересечения этих прямых (узлы) могут быть внутренними и граничными. Совокупность граничных узлов составляет границу сеточной области. Сетку выбирают так, чтобы она наилучшим образом аппроксимировала контур (L) рассматриваемого моря. Производные, входящие в дифференциальное уравнение, заменяются линейными комбинациями значений функций в узлах сетки. Например, для каждого внутреннего узла сетки (i, k) можно заменить производные разностными отношениями

$$\left(\frac{\partial \psi}{\partial x}\right)_{i,k} \approx \frac{\psi_{i+1,k} - \psi_{i-1,k}}{2h}; \quad (56)$$

$$\left(\frac{\partial \psi}{\partial y}\right)_{i,k} \approx \frac{\psi_{i,k+1} - \psi_{i,k-1}}{2h}; \quad (57)$$

$$\left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}\right)_{i,k} \approx \frac{\psi_{i+1,k} - 2\psi_{i,k} + \psi_{i-1,k}}{h^2}, \quad (58)$$

$$\left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2}\right)_{i,k} \approx \frac{\psi_{i,k+1} - 2\psi_{i,k} + \psi_{i,k-1}}{h^2}. \quad (59)$$

Так как контур Берингова моря нельзя задать аналитическим выражением, то определение функции полных потоков из уравнения (55) нами производилось численным методом. Численное интегрирование этого уравнения может быть проведено на быстродействующих электронных машинах либо вручную.

Фельзенбаум [21] и Панов [14] предлагают два способа численного решения вручную. Изложим сначала один из них.

1 способ. Бигармоническое уравнение

$$\nabla^4 \psi = -\frac{1}{\mu_L} \cdot k \cdot \nabla^2 \cdot P_a \quad (60)$$

может быть сведено к системе двух уравнений Пуассона. Воспользовавшись граничными условиями скольжения (37), (38) и введя вспомогательную функцию F , уравнение (60) можно записать так:

$$\nabla^2 F = -\frac{k}{\mu_L} \nabla^2 P_a \quad (61)$$

и

$$\nabla^2 \psi = F.$$

Граничные условия (37), (38) после введения новой функции запишутся в таком виде:

$$(F)_L = 0; \quad (62)$$

$$(\psi)_L = 0. \quad (63)$$

Сначала решают первое уравнение Пуассона (61) при граничных условиях (62), затем второе при граничных условиях (63).

2 способ. Бигармоническое уравнение (60) решают непосредственно.

Прежде чем приступить к решению уравнения первым или вторым способом, остановимся на одном из приемов разностной аппроксимации. Рассмотрим разностную аппроксимацию уравнения Пуассона для квадратной сетки с шагом разности h . Предположим, что в разностном уравнении для узла O участвуют узлы, помеченные цифрами 1, 2, 3, 4 на рис. 5. Перепишем первое из уравнений (61) в развернутой форме, предварительно обозначив правую часть через $f(x, y)$.

$$\nabla^2 F = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} = f(x, y). \quad (64)$$

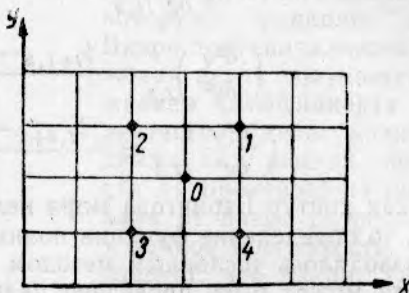
Учитывая равноправие в уравнении (64) x и y и симметричное расположение узлов (рис. 5), будем искать разностную аппроксимацию в виде

$$lF_0 = C_0 F_0 + C_1 (F_1 + F_2 + F_3 + F_4). \quad (65)$$

Предполагая у функции F наличие достаточного числа производных и разлагая F_i по формуле Тейлора в окрестности узла O , имеем

$$F_1 = F(x_0 + hy_0 + h) = F_0 + \left\{ h \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right) F + \frac{h^2}{2!} \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right)^2 F + \right. \\ \left. + \frac{h^3}{3!} \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right)^3 F + \frac{h^4}{4!} \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right)^4 F + \dots \right\}_0;$$

Рис. 5. Схема расположения узлов для разностной аппроксимации уравнения Пуассона.



$$F_2 = F(x_0 + h, y_0 - h) = F_0 + \left\{ h \left(\frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} \right) F + \frac{h^2}{2!} \left(\frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} \right)^2 F + \right. \\ \left. + \frac{h^3}{3!} \left(\frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} \right)^3 F + \frac{h^4}{4!} \left(\frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} \right)^4 F + \dots \right\}_0;$$

$$F_3 = F(x_0 - h, y_0 - h) = F_0 + \left\{ -h \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right) F + \right. \\ \left. + \frac{h^2}{2!} \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right)^2 F - \frac{h^3}{3!} \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right)^3 F + \right. \\ \left. + \frac{h^4}{4!} \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right)^4 F - \dots \right\}_0;$$

$$F_4 = F(x_0 - h, y_0 + h) = F_0 + \left\{ h \left(-\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right) F + \frac{h^2}{2!} \left(-\frac{\partial}{\partial x} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\partial}{\partial y} \right)^2 F + \frac{h^3}{3!} \left(-\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right)^3 F + \frac{h^4}{4!} \left(-\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right)^4 F + \dots \right\}_0; \quad (66)$$

тогда

$$lF_0 = (C_0 + 4C_1) F_0 + 4C_1 \left\{ \frac{h^2}{2!} (F_{x^2}^{(11)} + F_{y^2}^{(11)}) + \right. \\ \left. + \frac{h^4}{4!} (F_{x^4}^{(1V)} + 6F_{x^2 y^2}^{(1V)} + F_{y^4}^{(1V)})_0 + \dots \right\}. \quad (67)$$

Для того чтобы lF_0 аппроксимировал оператор Лапласа

$$\nabla^2 F = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2},$$

необходимо потребовать выполнения условий

$$C_0 + 4C_1 = 0; \quad 2C_1 h^2 = 1;$$

т. е.

$$C_0 = -\frac{2}{h^2}; \quad C_1 = \frac{1}{2h^2};$$

окончательно получаем

$$lF_0 = \frac{1}{2h^2} [F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - 4F_0] = (\nabla^2 F)_0 + \\ + \frac{h^2}{12} (F_{x^4}^{(IV)} + 6F_{x^2y^2}^{(IV)} + F_{y^4}^{(IV)})_0 + \dots = (\nabla^2 F)_0 + R. \quad (69)$$

Если в разложении (66) ограничиться разложением по формуле Тейлора с остаточным членом в производных четвертого порядка и положить

$$M_4 = \max_L \left\{ \left| \frac{\partial^4 F}{\partial x^4} \right|, \left| \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} \right|, \dots, \left| \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} \right| \right\},$$

то для R будем иметь следующую оценку

$$|R| \leq 4C_1 \frac{h^4}{24} \cdot 2^4 \cdot M_4 = \frac{4h^2}{3} M_4. \quad (70)$$

Заменяя $(\nabla^2 F)_0$ на $f_0(x_0, y_0)$ и отбрасывая R , получим разностное уравнение

$$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - 4F_0 = 2h^2 f_0, \quad (71)$$

аппроксимирующее уравнение Пуассона

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} = f(x, y)$$

с погрешностью аппроксимации, не превосходящей $\frac{4h^2}{3} M_4$.

Аппроксимируя дифференциальное уравнение (64) конечноразностным (71), получают систему линейных алгебраических уравнений. Число неизвестных в этой системе равно числу уравнений, которые в свою очередь определяются количеством внутренних узловых точек. Существует много различных методов решения системы линейных алгебраических уравнений, среди которых получили широкое распространение итерационные методы. Предположим, что после аппроксимации получилась линейная система уравнений:

$$\left. \begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1; \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2; \\ \dots &\dots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n &= b_n. \end{aligned} \right\} \quad (72)$$

Введя в рассмотрение матрицы

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}; \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}; \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix},$$

систему (67), можно записать так:

$$Ax = b. \quad (73)$$

Если предположить, что диагональные коэффициенты $a_{ii} \neq 0$ ($i=1, 2, \dots, n$), тогда, решая первое уравнение системы (72) относительно x_1 , второе относительно x_2 и т. д., получим эквивалентную систему

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \beta_1 + \alpha_{12}x_2 + \alpha_{13}x_3 + \dots + \alpha_{1n}x_n; \\ x_2 &= \beta_2 + \alpha_{21}x_1 + \alpha_{23}x_3 + \dots + \alpha_{2n}x_n; \\ \dots &\dots \\ x_n &= \beta_n + \alpha_{n1}x_1 + \alpha_{n2}x_2 + \dots + \alpha_{n,n-1}x_{n-1}. \end{aligned} \right\} \quad (74)$$

Если ввести матрицы

$$\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{bmatrix} \text{ и } \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_n \end{bmatrix},$$

систему (74) можно записать в матричной форме

$$x = \beta + \alpha x$$

и решать ее методом последовательных приближений, принимая за нулевое приближение столбец свободных членов

$$x^{(0)} = \beta.$$

Затем последовательно строим матрицы-столбцы:

первое приближение

$$x^{(1)} = \beta + \alpha x^{(0)};$$

второе приближение

$$x^{(2)} = \beta + \alpha x^{(1)}$$

И т. д.

Любое $(k+1)$ — е приближение вычисляют по формуле

$$x^{k+1} = \beta + \alpha x^{(k)}, \quad (75)$$

где $(k=0, 1, 2 \dots)$.

Если последовательность приближений $x^{(0)}, x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(k)}$ имеет предел $x = \lim_{k \rightarrow \infty} x^{(k)}$, то этот предел является решением системы (74)

$$\lim_{k \rightarrow \infty} x^{(k+1)} = \beta + \alpha \lim_{k \rightarrow \infty} x^{(k)},$$

$$x = \beta + ax.$$

Таким образом, предельный вектор X является решением системы (74), а следовательно, и системы (72).

Формулы приближений в развернутом виде запишутся так:

$$x_i^{(0)} = \beta_i,$$

$$x_i^{(k+1)} = \beta_i + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_j^{(k)}, \quad (76)$$

$$(a_{ii} = 0); \quad i = (1, 2 \dots n); \quad k = (0, 1, 2 \dots).$$

Применяя метод итерации (75), совсем не обязательно принимать за нулевое приближение x^0 столбец свободных членов (β). За нулевое приближение x^0 может быть выбрано любое произвольное число (вектор).

Целесообразно за нулевое приближение выбирать приближенные значения корней системы, полученные грубой прикидкой. Для применения процесса итерации нет необходимости делать преобразование системы (72) в систему (74). Последовательные приближения можно вычислять по формулам

$$\begin{aligned} a_{11}x_1^{(k)} &= b_1 - a_{12}x_2^{(k-1)} - \dots - a_{1n}x_n^{(k-1)}, \\ a_{22}x_2^{(k)} &= b_2 - a_{21}x_1^{(k-1)} - \dots - a_{2n}x_n^{(k-1)}, \\ &\vdots \\ a_{nn}x_n^{(k)} &= b_n - a_{n1}x_1^{(k-1)} - \dots - a_{nn}x_n^{(k-1)}. \end{aligned} \quad (77)$$

Сходящийся процесс итерации обладает важным свойством самоисправляемости, т. е. отдельные ошибки в вычислениях не отразятся на

окончательном результате, так как ошибочное приближение можно рассматривать как новое нулевое приближение (начальный вектор). В практике расчетов иногда удобнее подсчитывать не сами приближения, а их разности.

Если обозначим

$$\Delta^{(k)} = x^{(k)} - x^{(k-1)}; \quad (k = 0, 1, 2 \dots), \quad (78)$$

то из формулы (75) имеем

$$x^{(k+1)} = \beta + \alpha x^{(k)} \quad (79)$$

и

$$x^{(k)} = \beta + \alpha x^{(k-1)}. \quad (80)$$

Вычитая из равенства (79) равенство (80), получим

$$\Delta^{(k+1)} = \alpha (x^{(k)} - x^{(k-1)}) = \alpha \Delta^{(k)}, \quad (81)$$

т. е.

$$\Delta^{(k+1)} = \alpha \cdot \Delta^{(k)}; \quad (k = 1, 2, 3 \dots).$$

Принимая за нулевое приближение

$$\Delta^{(0)} = x^{(0)}, \quad (82)$$

получим m -е приближение по формуле

$$x^{(m)} = \sum_{k=0}^m \Delta^{(k)}. \quad (83)$$

Если $\Delta^{(0)} = x^{(0)} = \beta$, то равенство (81) будет выполнено и при $k=0$, т. е.

$$\Delta^{(k)} = \alpha \Delta^{(k-1)} = \alpha^{(k)} \cdot \beta; \quad (k = 0, 1, 2 \dots)$$

и

$$x^{(k)} = \sum_{s=0}^k \Delta^{(s)} = \sum_{s=0}^k \alpha^{(s)} \beta; \quad (84)$$

Если $\Delta^{(0)} = x^{(0)} \neq \beta$, то находим

$$\Delta^{(1)} = x^{(1)} - x^{(0)} = \alpha x^{(0)} + \beta - x^{(0)}, \quad (85)$$

а $\Delta^{(k)}$ определится равенством вида

$$\Delta^{(k)} = \alpha \Delta^{(k-1)} = \alpha^{(k-1)} \Delta^{(1)}, \quad (86)$$

$$(k = 1, 2, 3 \dots).$$

Рассмотрим теперь непосредственную аппроксимацию уравнения (60). Используя квадратную сетку с шагом разности h , выберем узлы, указанные на рис. 6.

Перепишем уравнение (60) в развернутой форме и обозначим для краткой записи правую часть через $f(x, y)$

$$\frac{\partial^4 \psi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \psi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \psi}{\partial y^4} = f(x, y). \quad (87)$$

В силу симметрии расположения узлов и симметрии уравнения относительно X и Y можно искать разностную аппроксимацию в таком виде:

$$l\psi_0 = C_0 \psi_0 + C_1 \sum_{i=1}^4 \psi_i + C_2 \sum_{i=5}^8 \psi_i + C_3 \sum_{i=9}^{12} \psi_i. \quad (88)$$

При наличии производных шестого порядка у функции ψ разложение по формуле Тейлора дает

$$\psi_1 + \psi_2 + \psi_3 + \psi_4 = 4\psi_0 + h^2 (\psi_{x^2}^{(II)} + \psi_{y^2}^{(II)})_0 + \frac{h^4}{12} (\psi_{x^4}^{(IV)} + \psi_{y^4}^{(IV)})_0 + R^{(1)},$$

где

$$|R^{(1)}| \leq \frac{4M_6 h^6}{6!};$$

$$M_6 = \max_{\sigma} \left\{ \left| \frac{\partial^6 \psi}{\partial x^6} \right|, \left| \frac{\partial^6 \psi}{\partial x^5 \partial y} \right|, \dots, \left| \frac{\partial^6 \psi}{\partial y^6} \right| \right\};$$

$$\begin{aligned} \psi_5 + \psi_6 + \psi_7 + \psi_8 = 4\psi_0 + 2h^2 (\psi_{x^2}^{(11)} + \psi_{y^2}^{(11)})_0 + \frac{h^4}{6} (\psi_{x^4}^{(IV)} + \\ + 6\psi_{x^2 y^2}^{(IV)} + \psi_{y^4}^{(IV)})_0 + R^{(2)}, \end{aligned}$$

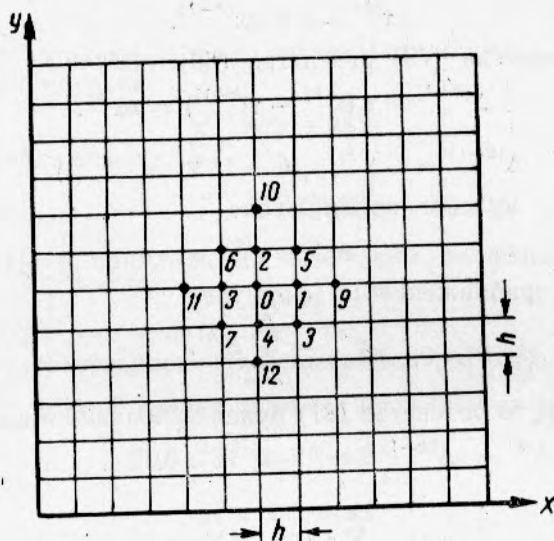


Рис. 6. Схема расположения узлов для разностной аппроксимации дисгармонического уравнения в точке «0».

где

$$|R^{(2)}| \leq \frac{4 \cdot 2^6 \cdot M_6 \cdot h^6}{6!};$$

$$\begin{aligned} \psi_9 + \psi_{10} + \psi_{11} + \psi_{12} = 4\psi_0 + 4h^2 (\psi_{x^2}^{(11)} + \psi_{y^2}^{(11)})_0 + \frac{2 \cdot 2^4 \cdot h^4}{4!} \times \\ \times (\psi_{x^4}^{(IV)} + \psi_{y^4}^{(IV)})_0 + R^{(3)}, \end{aligned}$$

где

$$|R^{(3)}| \leq \frac{4 \cdot 2^8 \cdot M_6 \cdot h^6}{6!},$$

откуда

$$\begin{aligned} l\psi_0 = (C_0 + 4C_1 + 4C_2 + 4C_3) \psi_0 + h^2 (C_1 + 2C_2 + 4C_3) (\psi_{x^2}^{(11)} + \psi_{y^2}^{(11)})_0 + \\ + \frac{2h^4}{4!} (C_1 + 2C_2 + 16C_3) (\psi_{x^4}^{(IV)} + \psi_{y^4}^{(IV)})_0 + \frac{h^4}{6!} 6C_2 (\psi_{x^2 y^2}^{(IV)} + R), \quad (89) \end{aligned}$$

где

$$R = C_1 R^{(1)} + C_2 R^{(2)} + C_3 R^{(3)}.$$

Чтобы разностный оператор $h\psi_0$ аппроксимировал дифференциальный оператор $\nabla^2(\nabla^2\psi)$, нужно потребовать выполнения следующего условия:

$$\begin{aligned} C_0 + 4(C_1 + C_2 + C_3) &= 0, \quad h^4 C_2 = 2; \\ C_1 + 2C_2 + 4C_3 &= 0; \\ \frac{h^4}{12}(C_1 + 2C_2 + 16C_3) &= 1 \end{aligned} \quad (90)$$

откуда

$$C_0 = \frac{20}{h^4}; \quad C_1 = -\frac{8}{h^4}; \quad C_2 = \frac{2}{h^4}; \quad C_3 = \frac{1}{h^4}. \quad (90)$$

Подставляя значения коэффициентов (90) в уравнение (89), получим

$$\begin{aligned} h\psi_0 &= \frac{20\psi_0}{h^4} - \frac{8}{h^4}(\psi_1 + \psi_2 + \psi_3 + \psi_4) + \frac{2}{h^4}(\psi_5 + \psi_6 + \psi_7 + \psi_8) + \\ &+ \frac{1}{4}(\psi_9 + \psi_{10} + \psi_{11} + \psi_{12}) = (\psi^{(IV)} + 2\psi_{x^2y^2}^{(IV)} + \psi_{y^4}^{(IV)})_0 + R, \end{aligned}$$

где

$$|R| = \frac{1}{h^4} |-8R^{(1)} + 2R^{(2)} + R^{(3)}| \leq \frac{10}{9} M_6 \cdot h^2.$$

Следовательно, разностное уравнение имеет вид

$$\begin{aligned} 20\psi_0 - 8(\psi_1 + \psi_2 + \psi_3 + \psi_4) + 2(\psi_5 + \psi_6 + \psi_7 + \psi_8) + \\ + (\psi_9 + \psi_{10} + \psi_{11} + \psi_{12}) = h^4 f_0(x_0, y_0). \end{aligned} \quad (91)$$

Уравнение (91) аппроксимирует дифференциальное уравнение (87) с точностью до h^2 . Такое уравнение (91) можно записать для всех внутренних узлов сетки, поэтому количество уравнений будет равно числу внутренних точек, т. е. числу неизвестных. Решение задачи сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений вида (91).

К сожалению, Д. Ю. Панов [14] не дает рекомендации в смысле выбора методов решения такой системы. Б. А. Волюнский и В. Е. Бухман [4] указывают, что при большом числе внутренних узлов точек число уравнений становится большим и эту систему нельзя решать методом последовательных приближений, так как приближения не сходятся и формула (9) не употребляется.

В Лаборатории физики моря ДВГУ С. Золотухина под руководством З. Ф. Гуриковой попыталась численно решить бигармоническое уравнение (60) методом итерации при непосредственной его аппроксимации. Расчеты производились для района Берингова моря и прилегающей части Тихого океана при нулевых граничных условиях на твердых и жидких границах. Результаты расчетов показали, что ряд, действительно, расходится. Увеличение значений функции ψ во внутренних узловых точках происходит до шестого приближения, а затем это увеличение абсолютных величин чередуется со сменой знака (плюса на минус) и наоборот. Следовательно, при непосредственной аппроксимации бигармонического уравнения необходимо очень осторожно подходить к выбору методов решения системы алгебраических уравнений (91), так как далеко не всякий метод дает хорошую сходимость. Согласно (13) и (17) нами производилось численное интегрирование системы двух уравнений Пуассона (16) с граничными условиями (62) и (63) методом итерации, который дает хорошую сходимость для уравнений Пуассона. Разбив Берингово море на квадратную сетку с шагом разности в $2,5^\circ$ (рис. 7), мы при аппроксимации уравнений использовали расположение точек, указанных на рис. 5.

Исходными данными для расчета ветровой циркуляции в предположении, что Берингово море представляет замкнутый бассейн, послужили данные о распределении атмосферного давления в августе 1959 и 1960 г.

(рис. 8). Эти данные были получены из большой серии синоптических карт Приморского управления гидрометеорологической службы.

Вся акватория Берингова моря и прилегающие части суши были раз-

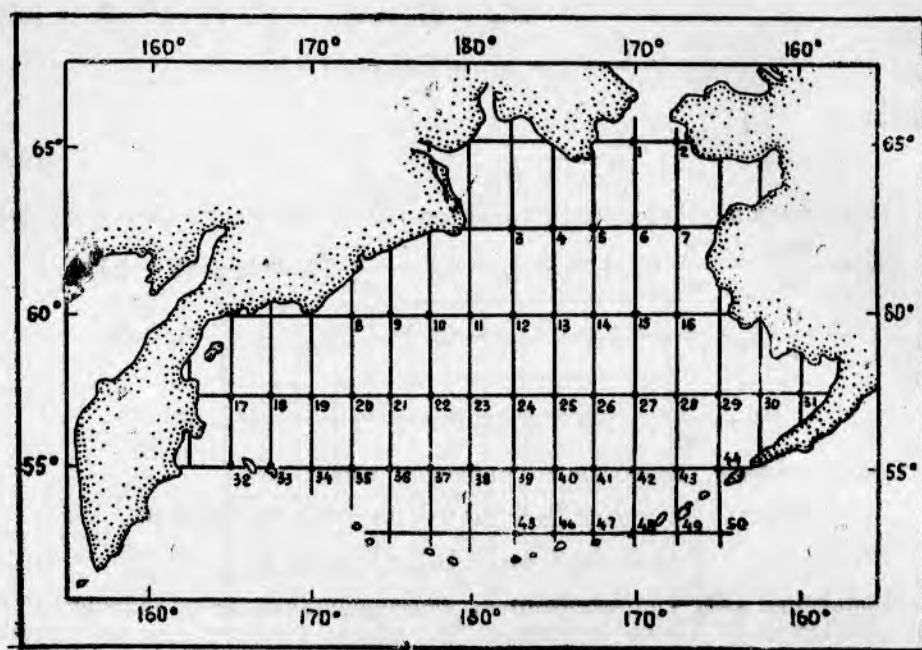


Рис. 7. Сетка квадратов Берингова моря, принятая нами для расчета функции ψ .

биты на 45-градусные квадраты. Для центра каждого из них вычислялась средняя суточная величина атмосферного давления, снятого со сроч-

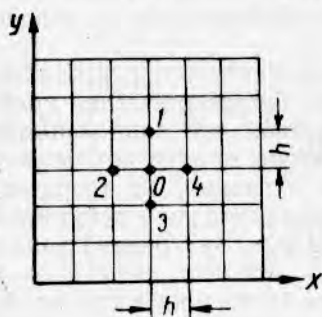


Рис. 8. Схема расположения узлов при расчете составляющих полного потока для точки 0.

ных синоптических карт, прошедших последующую обработку, а по этим данным были найдены средние месячные величины атмосферного давления. По средним месячным данным были построены далее карты распределения атмосферного давления в августе 1959 и 1960 г., т. е. в период проведения экспедиционных исследований. Можно считать, что освещенность синоптических карт, а следовательно, и надежность картин распределения атмосферного давления за это время были достаточно хорошими. Если в августе 1959 г. сложилась достаточно сложная картина распределения давления, то в августе 1960 г. над всем морем хорошо определяется область минимального атмосферного давления. Существен-

но отметить равномерность распределения над морем величин атмосферного давления. Дело в том, что по некоторым источникам, в том числе и по атласу [7], пространственное распределение наблюдений далеко неравномерно, в результате чего проведение изолиний атмосферного давления над открытой частью моря проводилось приближенно. Поэтому при использовании численных методов решения для лапласиана атмосферного давления результат получался неопределенный. Имен-

но по этой причине мы отказались от расчета полных потоков на основе данных Самойленко [7] и использовали для того упомянутые выше источники. Полученные схемы полных потоков относятся к августу 1959 и 1960 г.

Для изложения последовательности решения уравнения (60) перепишем его в системе двух уравнений Пуассона

$$\nabla^2 F = -\frac{k}{\mu_L} \nabla^2 P_a; \quad (92)$$

$$\nabla^2 \psi = F. \quad (93)$$

Граничные условия на контуре

$$(F)_L = 0; \quad (94)$$

$$(\psi)_L = 0. \quad (95)$$

Правая часть уравнения (92), включающая оператор Лапласа, от функции атмосферного давления согласно формуле (71), аппроксимируется разностным уравнением для любой из внутренних узловых точек сеточной области (см. рис. 5).

$$\Delta P_0 = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 - 4P_0}{2h^2}, \quad (96)$$

Интерполяцией были получены значения атмосферного давления (см. рис. 8) для каждого внутреннего узла сеточной области (см. рис. 7), и по формуле (96) был рассчитан лапласиан давления. Причем значения коэффициентов, входящих в правую часть уравнения (42), принимались равными

$$k = \sqrt{\frac{A}{2f'}}, \quad (97)$$

где

$$A = 10^2 \text{CGS};$$

$$f' = 2\omega \cdot \sin \varphi \cdot \rho_{\text{возд}};$$

$$\rho_{\text{возд}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{CGS};$$

$$\omega = 7,29 \cdot 10^{-5} [\text{сек}^{-1}];$$

$$\mu_L = 10^8 \text{CGS}.$$

Левая часть уравнения (92), включающая искомую функцию, запишется разностными уравнениями для любого внутреннего узла выражением вида

$$F_{1i} + F_{2i} + F_{3i} + F_{4i} - 4F_{0i} = -\frac{k_i}{\mu_L} (P_{1i} + P_{2i} + P_{3i} + P_{4i} - 4F_{0i}) = -\Phi_{0i}. \quad (98)$$

Обозначив найденные значения правой части уравнения (98) через Φ_{0i} и разрешив его относительно F_{0i} , получим рабочую формулу для отыскания неизвестной функции F

$$4F_{0i} = F_{1i} + F_{2i} + F_{3i} + F_{4i} + \Phi_{0i}. \quad (99)$$

Прежде чем начать итерационный процесс (77), целесообразно приготовить вычислительные шаблоны. Заметим, что применение вычислительных шаблонов в значительной степени ускоряет и облегчает работу вычислителя. Вычислительный шаблон вычерчивается после того, как построена сеточная область. Каждая клетка шаблона соответствует определенной узловой точке сеточной области. Наружный ряд клеток

шаблона соответствует граничным узловым точкам сеточной области. Для вычислительных шаблонов может быть с успехом использована миллиметровая или специальная вычислительная бумага.

За нулевое приближение функции F_{0i} нами принималось распределение функции Φ_{0i} во всех внутренних узловых точках сеточной области (см. рис. 7) и записывалось в первый итерационный шаблон (первое приближение). Второй итерационный шаблон (второе приближение) получается из первого в результате вычислений по формуле (99) для каждого внутреннего узла. Затем из второго шаблона аналогично получаем третий шаблон и т. д.

Вычислителю необходимо помнить, что функция Φ_{0i} при всех последующих вычислениях, начиная с первого, остается постоянной. Вычисления продолжаютсЯ до тех пор, пока все значения внутренних узлов двух последовательных шаблонов не совпадут в пределах заданной точности. Получив таким образом значения функции F для внутренних узлов сеточной области, приступают к вычислению функции полных потоков ψ , характеризующуюся уравнением (93). Аппроксимируя это уравнение разностными (71), получают рабочую формулу для определения функции

$$4\psi_{0i} = \psi_{1i} + \psi_{2i} + \psi_{3i} + \psi_{4i} - 2h^2 F_{0i}. \quad (100)$$

Принимая за нулевое приближение во всех внутренних узлах значение $2h^2 F_{0i}$ аналогично приведенному выше, начинают итерационный процесс. Для отыскания функции F для августа 1959 г. проведено 34 итерации, а для функции ψ — 45 итераций.

Для августа 1960 г. для функции F сделано 30 приближений, а для функции полных потоков ψ — 36 приближений. Заметим, что для облегчения расчетов в вычислениях функций F и ψ (с какого-то приближения n и $n-1$), когда значения последовательных приближений отличаются друг от друга на небольшие величины, удобнее подсчитывать не сами приближения, а их разности (см. формулы 78—86). После того как функция полных потоков определена, можно рассчитывать во всех внутренних узловых точках сеточной области значения составляющих полного потока Φ_x и Φ_y . Предположим, что вычисления составляющих полного потока ведутся в произвольной внутренней узловой точке сеточной области с индексом 0. Согласно по равенствам (30), (56) и (57) составляющие полного потока определяются формулами

$$\begin{aligned} \Phi_x &= \frac{1}{2h} (\psi_3 - \psi_1); \\ \Phi_y &= \frac{1}{2h} (\psi_4 - \psi_2). \end{aligned} \quad (101)$$

Модуль Φ и направление полного потока могут быть получены аналитически или по таблицам Максимова (26) для составляющих скоростей течений на меридиан и параллель. В этом случае роль составляющей по параллели будет служить составляющая полного потока в направлении оси X — Φ_x и соответственно в меридиональном направлении Φ_y .

Когда не требуется большая точность, модуль и направление полного потока могут быть определены по кругу Молчанова.

Полученные в результате вычислений значения функции полных потоков могут быть представлены в виде карты изолиний полных потоков (рис. 9).

На бланковой карте с сеточной областью (см. рис. 7) наносятся значения функции ψ для всех внутренних узловых точек, затем через определенный интервал проводятся линии равных значений.

Карта изолиний полных потоков характеризует направление и их

относительную интенсивность. Полный поток в любой точке направлен по касательной к изолинии функции ψ , причем, если смотреть в направлении вектора полного потока Φ , большие значения ψ находятся справа от него, а меньшие — слева (рис. 9).

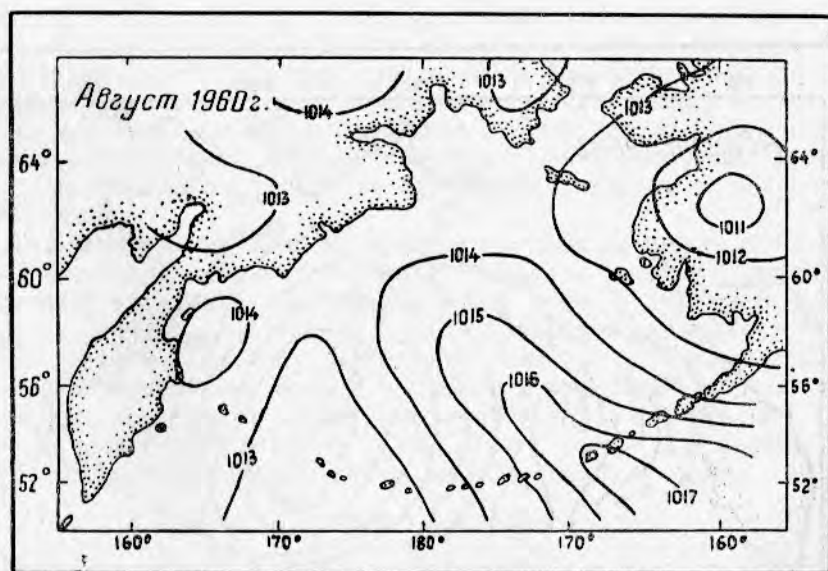
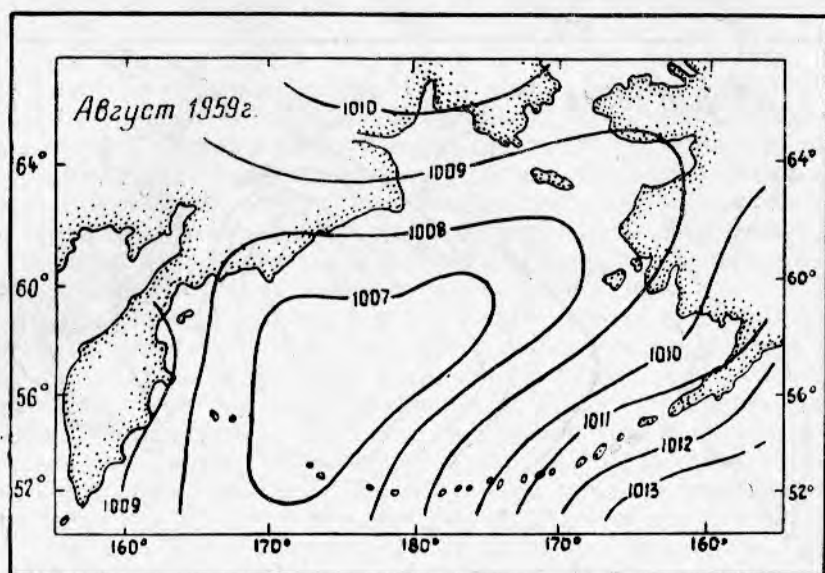


Рис. 9. Распределение атмосферного давления в мб над Беринговым морем.

Карты изолиний функций полных потоков характеризуют не движение частиц воды, а только общую картину переноса вод в исследуемом слое, т. е. водообмен между отдельными районами моря. Разность значений функций полных потоков ψ в любых двух точках соответствует количеству воды, протекающей от поверхности моря до нижней границы

Результаты вычислений величины и направления полного потока Φ могут быть также представлены в виде карты полных потоков. Построе-

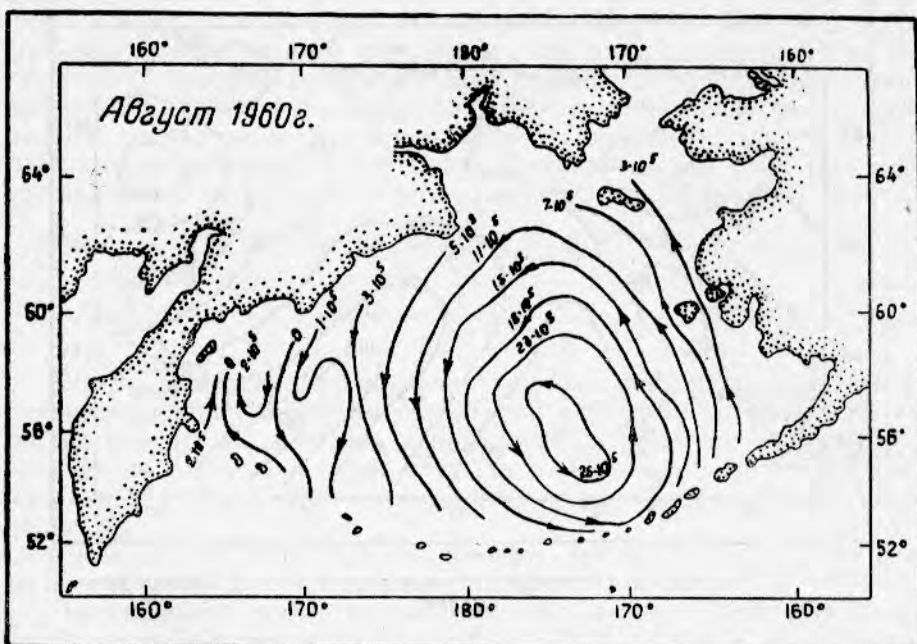


Рис. 10. Распределение функций полных потоков ψ (в $\text{м}^3/\text{сек}$).

ние такой карты ничем не отличается от обычной карты течений на каком-либо горизонте, но с той разницей, что вместо скоростей течений здесь будут нанесены полные потоки.

Мы ограничились построением карты изолиний функций полных потоков, величина которых выражена $10^6 \text{ м}^3/\text{сек}$.

В результате расчетов были получены карты изолиний полных потоков ψ для августа 1959 и 1960 г. (рис. 10).

Несмотря на различие в строении поля атмосферного давления (см. рис. 8), оказывается, что для большей части Берингова моря характерно существование общей циклонической циркуляции полных потоков. Эта картина несколько усложняется лишь в августе 1959 г. в юго-западной части моря. В основных чертах такая циркуляция совпадает с существующими схемами течений моря для теплого времени года. Таким образом, можно было бы считать удачным подобного рода расчет. Однако следует иметь в виду, что полученные схемы отражают лишь общие черты движения вод и для перехода к течениям необходимо было бы знать закон распределения компонент скорости с глубиной, а также глубину залегания нижней границы бароклинного слоя. Следует отметить, что полученные результаты имеют вполне определенное значение в смысле возможности установления природы общей циркуляции течений моря. В расчетах мы исходили из того, что эта циркуляция возбуждается ветровыми процессами, представленными в наших расчетах полями атмосферного давления. Следовательно, можно считать, что именно этими силами и определяется общая круговая циркуляция течений. Однако в исходных положениях было принято, что море изолировано от океана, тогда как заведомо известно, что существует энергичный водообмен моря с океаном. В таком случае реальная циркуляция течений моря обусловлена двумя процессами — ветровой деятельностью над самим морем и водообменом с океаном. Наши расчеты показывают, что в движении участвуют около $1,5 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{сек}$, что составляет около 30% от общей величины водообмена Берингова моря с Тихим океаном.

По данным динамических расчетов в общей циркуляции моря участвует около $5 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{сек}$. Это означает, что по порядку величин наши расчеты можно считать удовлетворительными. Несмотря на то что доля ветровой циркуляции моря, возникающей в пределах самого моря, относительно невелика, мы имеем основание считать, что именно в ней и заключена главная причина общей системы течений моря. Это означает, что в самом море формируются условия для вовлечения тихоокеанских вод в движение.

А. М. Баталиным [2] было показано, что в проливе между Командорскими и Ближними о-вами поперечная неравномерность поля ветра обеспечивает вторжение тихоокеанских вод моря, а полученные нами результаты свидетельствуют о том, что эти воды включаются в собственное движение вод моря. Необходимо заметить, что наше решение имеет ограниченное значение и это связано с определением граничных условий для численного решения уравнения (55). Точное решение этого уравнения может быть получено в том случае, если будут заданы значения функции полных потоков ψ на жидких границах моря.

ВЫВОДЫ

1. Несмотря на различие в характере поля атмосферного давления над Беринговым морем в августе 1959 и 1960 г., расчеты авторов показали наличие в обоих случаях общей циклонической циркуляции полных потоков для большей части моря, что совпадает с общеизвестной схемой течений Берингова моря для теплого времени года и тем самым оправдывает применение условий расчета полных потоков, принятых авторами (море бароклинно и является замкнутым бассейном).

2. Полученные авторами результаты имеют значение для возможности установления природы общей циркуляции течений моря. По подсчетам авторов, в пределах Берингова моря ветровые процессы каждую

секунду вовлекают в движение около $150\,000\text{ м}^3$ воды, что составляет примерно одну треть водообмена Берингова моря с Тихим океаном. При сравнительно небольшой доле ветровой циркуляции моря, возникшей в пределах самого моря, авторы все же считают доказанным, что именно она влияет на общую систему течений моря, что условия для вовлечения в движение тихоокеанских вод, поступающих в Берингово море, формируются в самом море в результате поперечной неравномерности поля ветра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баталин А. М. Опыт расчета теплового баланса Берингова моря. Тр. Океанограф. комиссии АН СССР. Т. 7. Изд. АН СССР, 1960.
2. Баталин А. М. О водообмене Берингова моря с Тихим океаном. (Публикуется в настоящем сборнике).
3. Березин И. С. и Жидков Н. П. Методы вычислений. Т. II. М., Физматгиз, 1959.
4. Волюнский Б. А. и Бухман В. Е. Модели для решения краевых задач. М., Физматгиз, 1960.
5. Демидович Б. П. и Марон И. А. Основы вычислительной математики. М., Физматгиз, 1960.
6. Зенкевич Л. А. Моря СССР, их флора и фауна. Учпедгиз, 1955.
7. Климатический и гидрологический атлас Берингова моря. Сб. под ред. В. С. Самойленко. М., Гидрометеиздат, 1956.
8. Кочин Н. Е. Построение модели зональной циркуляции атмосферы. Тр. ГГО. Вып. 10, 1936.
9. Леонов А. К. Водные массы Берингова моря и течения на его поверхности. «Метеорология и гидрология» № 2, 1947.
10. Леонов А. К. Опыт количественного учета водной массы, тепла и солей, вносимых атлантическим и тихоокеанским течениями в Арктический бассейн. «Метеорология и гидрология» № 5, 1947.
11. Леонов А. К. Региональная океанография. Ч. 1, Гидрометеиздат, 1960.
12. Макаров С. О. «Витязь» и Тихий океан. Спб., 1894.
13. Максимов И. В. Основные приемы производства камеральной обработки наблюдений над течениями в море. Тр. АНИИ. Т. 195, 1941.
14. Панов Д. Ю. Справочник по численному решению дифференциальных уравнений в частных производных. Гостехиздат, 1951.
15. Ратманов Г. Е. К гидрологии Берингова и Чукотского морей. Иссл. морей СССР. Вып. 25, Гидрометеиздат, 1937.
16. Ратманов Г. Е. К вопросу о водообмене через Берингов пролив. Иссл. морей СССР. Вып. 25, Гидрометеиздат, 1937.
17. Саркисян А. С. Расчет стационарных ветровых течений в океане. Изв. АН СССР. Серия геофиз. № 6, 1954.
18. Фаддеев Д. К. и Фаддеева В. Е. Вычислительные методы линейной алгебры. М., Физматгиз, 1960.
19. Федоров К. Н. Результаты моделирования полных потоков в классической теории морских течений. Тр. ИОАН. Т. XIX. Академиздат, 1956.
20. Фельзенбаум А. И. Течения Охотского моря в предзимний период. Тр. Гос. океанограф. ин-та. Вып. 019, М., Гидрометеиздат, 1954.
21. Фельзенбаум А. И. Теоретические основы и методы расчета установившихся морских течений. М., Изд-во АН СССР, 1960.
22. Штокман В. Б. Экваториальные противотечения в океанах. Основы теории. М., Гидрометеиздат, 1948.
23. Штокман В. Б. Влияние ветра на течения в Беринговом проливе. Тр. ИОАН. Т. XXV. Академиздат, 1957.
24. Шулейкин В. В. Краткий курс физики моря. М., Гидрометеиздат, 1959.
25. Dall W. H. Hydrologie des Bering-Meeress und der benachbarten Gewässer. Peterm. Geogr. Mitt. XXVII, 1891.
26. K. Hidaka. A theoretical study on the general circulation of the Pacific Ocean. Pacific Sea 9, 1952.
27. Munk W. H. On the wind-driven oceanic circulation «Journ. of Meteorol», V. 7, № 2. 1950.
28. Schulz B. Die Strömungen und die Temperatur-Verhältnisse des Stillen Oceans nördlich von 40° N-W einschliesslich des Bering-Meeress, Ann. d. Hydr., H. VI, 1911.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ
к книге «Советские рыбохозяйственные исследования
в северо-восточной части Тихого океана»

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
56	14 снизу	условная вертикальной стенки	условная вертикальная стенка
60	19 снизу	исключениям	искажениям
83	7 сверху	к северо-восточной	к северо-западной
83	8 сверху	на юго-западе	на юго-востоке
113	22 снизу	14 м.м	14 м
175	Подпись под рис. 4	А — возраст 9 +; Б — возраст 3 +	А — возраст 3 +; Б — возраст 9 +
176	Подпись под рис. 5, 10 сверху	в — зависимости	б — зависимости
191	Таблица 10, 3 снизу	10	100
196	Подпись под рис. 10	а — июнь — сентябрь	а — июнь — сентябрь 1957 г.
244	13 сверху	или первый, чаще второй	или первый, реже второй
246	29 снизу	по-видимому, был, а большая часть	по-видимому, была большая часть

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

551.463(265.2)

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В НЕКОТОРЫХ РЫБОПРОМЫСЛОВЫХ РАЙОНАХ БЕРИНГОВА МОРЯ

Н. Г. Васюкова

Кафедра физики моря ДВГУ

Самое северное море Тихого океана — Берингово значительно теплее Охотского. Это различие обнаруживается при сравнении температуры воды на поверхности и температуры воздуха над морем (табл. I). Как видно из таблицы, температура воды и воздуха на соответствующих широтах в Беринговом море выше, чем в Охотском, в средних годовых величинах на 3° для воздуха и $1,4^{\circ}$ для поверхности воды. Только в северной части Берингова моря более суровые условия, чем в северной части Охотского. Во всей толще Берингова моря наблюдаются высокие значения меридиональных градиентов и значительные широтные контрасты температуры воды. Западная половина моря в целом холоднее восточной, причем это различие относится не только к поверхностному слою, но и к толще воды. На фоне меридиональных и широтных контрастов выделяются районы сильного выхолаживания, приуроченные к шельфу.

Температурный режим вод моря влияет на закономерности распространения промысловых объектов и перспектив промысла. Правильное представление о режиме температуры вод моря позволяет создавать достаточно надежные промысловые рекомендации и, прежде всего, в смысле оценки запасов. В свою очередь исследования закономерностей теплового режима на современном этапе развития океанологических исследований требуют рассмотрения генезиса поля температур, т. е. изучения тех процессов, в результате которых это поле формируется.

Режим температуры вод моря, как известно, определяется тепловым балансом поверхности моря (радиационный баланс, испарение воды и конденсация водяных паров, конвективно-турбулентный теплообмен моря с атмосферой), адвекцией тепла или холода и процессами конвективно-турбулентного распространения тепла от поверхности моря на его глубины. Второстепенными компонентами баланса можно пренебречь.

Тепловой баланс поверхности Берингова моря еще очень мало изучен. Первая попытка его расчета была сделана в 1960 г. А. М. Баталиным [2]. Оказалось, что тепловой баланс поверхности Берингова моря

Таблица 1

Месяц	52—54° с. ш.		54—56° с. ш.		56—58° с. ш.		58—60° с. ш.		52—54° с. ш.		54—56° с. ш.		56—58° с. ш.		58—60° с. ш.	
	Охотское море	Берингово море	Охотское море	Берингово море	Охотское море	Берингово море	Охотское море	Берингово море	Охотское море	Берингово море	Охотское море	Берингово море	Охотское море	Берингово море	Охотское море	Берингово море
	Температура поверхности моря								Температура воздуха							
I	—0,9	3,2	—1,0	2,7	—1,0	0,9	—1,0	—0,6	—11,6	1,0	—14,4	—1,0	—15,5	—3,7	—16,4	—5,6
II	—1,0	3,4	—1,0	2,7	—1,0	0,1	—1,0	—0,9	—10,5	0,6	—12,8	—0,9	—13,7	—4,3	—14,2	—7,0
III	—1,0	2,8	—1,0	2,7	—1,0	0	—1,0	—1,7	—7,4	1,4	—8,9	—0,1	—9,4	—2,5	—10,7	—6,6
IV	—0,9	3,4	—1,0	3,0	—1,0	1,9	—1,0	—0,2	—2,9	2,0	—4,0	1,7	—4,7	—0,7	—5,1	—3,1
V	0,4	4,4	0,2	4,0	0,2	2,1	0,1	0,2	1,0	4,0	1,0	7,3	0,6	2,7	0,6	1,5
VI	3,9	5,4	3,8	5,4	4,8	5,0	4,2	4,0	5,0	6,8	5,3	6,1	5,2	5,7	5,7	5,1
VII	8,3	8,6	8,5	8,3	8,1	8,2	8,6	7,4	9,7	8,4	9,7	8,4	9,6	8,9	9,7	8,6
VIII	10,6	10,2	10,4	10,0	10,7	9,8	10,4	9,9	12,0	10,8	12,1	10,6	12,1	7,7	11,4	9,9
IX	10,6	9,2	10,1	9,1	8,6	9,1	9,5	8,6	11,1	9,2	10,2	8,9	9,3	8,5	7,9	8,1
X	7,3	7,6	6,7	7,1	5,6	6,4	4,9	5,6	6,6	6,0	4,9	5,9	4,0	4,6	2,0	3,1
XI	3,1	5,6	2,3	5,1	0,9	3,8	0,8	2,1	—1,2	3,0	—3,3	2,9	—4,4	0,9	—6,0	—0,6
XII	0	4,2	—0,5	2,8	—1,0	1,0	—1,0	—1,0	—7,0	1,6	—9,8	0,6	—11,0	2,3	—12,1	—4,4
Средне- годовая	3,4	5,7	3,1	5,2	2,8	4,0	2,8	2,8	0,4	4,6	—0,8	4,2	—1,5	2,1	—2,3	0,7

отрицателен и величина дефицита тепла составляет за год $28,7 \text{ ккал/см}^2$. Расчет отдельных компонентов дает следующие результаты. Радиационный баланс положителен и составляет за год $28,3 \text{ ккал/см}^2$, теплопотери за счет испарения достигают $41,2 \text{ ккал/см}^2$, потери тепла за счет конвективно-турбулентного теплообмена — $15,8 \text{ ккал/см}^2$. В пространственном распределении величины теплового баланса поверхности моря можно выделить следующие главные закономерности. Наибольший дефицит тепла наблюдается в южной части моря, где он достигает максимальных значений ($50\text{—}60 \text{ ккал}$). В районе о-ва Св. Лаврентия и к северу от него тепловой баланс поверхности моря становится положительным.

А. М. Баталин [1, 2] указал, что, пользуясь балансовыми расчетами, можно также оценить величину адвекции тепла, вносимого в Берингово море океаническими течениями. В упомянутых работах расчеты производились относительно центров достаточно больших квадратов ($2 \times 5^\circ$). Естественно, что при этом многие детали распределения компонентов баланса оказались сглаженными, а в прибрежных районах и особенно в области Берингова пролива требуют уточнения.

Исследования ихтиофауны моря требуют применения балансовых расчетов к отдельным рыбопромысловым районам. Можно выделить два таких основных района (рис. 1). Первый из них охватывает акваторию от побережья Камчатки до меридиана 180° , второй относится к району юго-восточной части моря. Тепловой режим этих двух районов различен. В первом из них отмечается значительное выхолаживание вод по сравнению со вторым. По наблюдениям за последние годы это различие в слое $0\text{—}200 \text{ м}$ достигает 3° . Если в первом районе достаточно хорошо выражен холодный промежуточный слой, то во втором он размыт и временами полностью исчезает. Для расчетов теплового баланса поверхности моря в этих двух районах нами были использованы результаты океанографических работ и данные синоптических карт.

Настоящая работа анализирует главные составляющие теплового баланса Берингова моря для основных рыбопромысловых районов моря — западного и восточного, что позволит выявить основные закономерности, определяющие формирование температурного поля и определить основные причины его изменчивости.

Тепловой баланс поверхности Берингова моря рассчитывался для центров квадратов размером $1 \times 2,5^\circ$ (рис. 1) * по уравнению

$$Q_{\odot} - Q_{\text{эф}} \pm Q_{\text{т.о}} \pm Q_{\text{и+к}} + Q_{\text{т}} = 0, \quad (1)$$

где $Q_{\odot}$ — приток тепла от суммарной солнечной радиации;

$Q_{\text{эф}}$ — потери тепла в результате эффективного излучения;

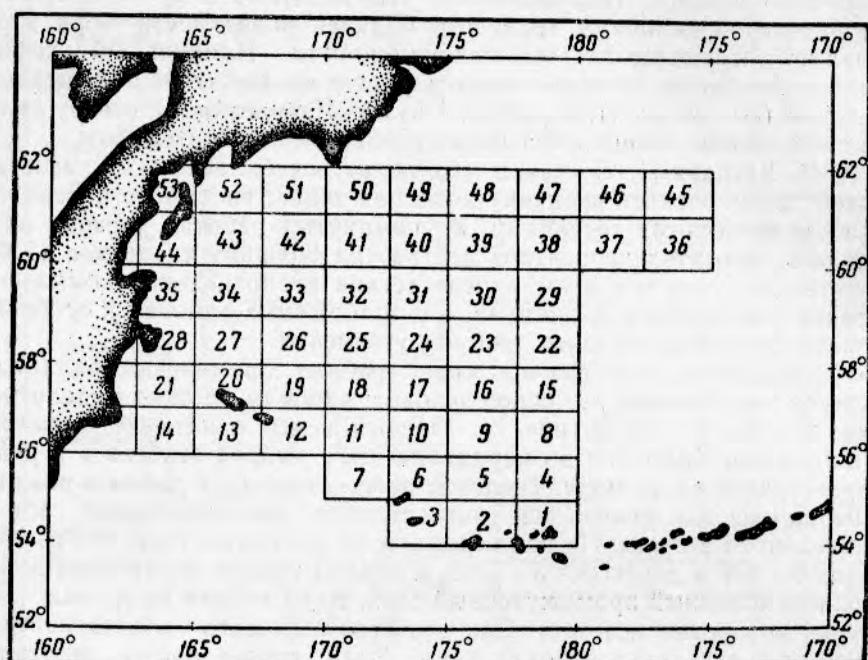
$Q_{\text{т.о}}$ — приток или потери тепла в результате конвективно-турбулентного теплообмена поверхности моря с атмосферой;

$Q_{\text{и+к}}$ — приток или потери тепла в результате процессов испарения или конденсации;

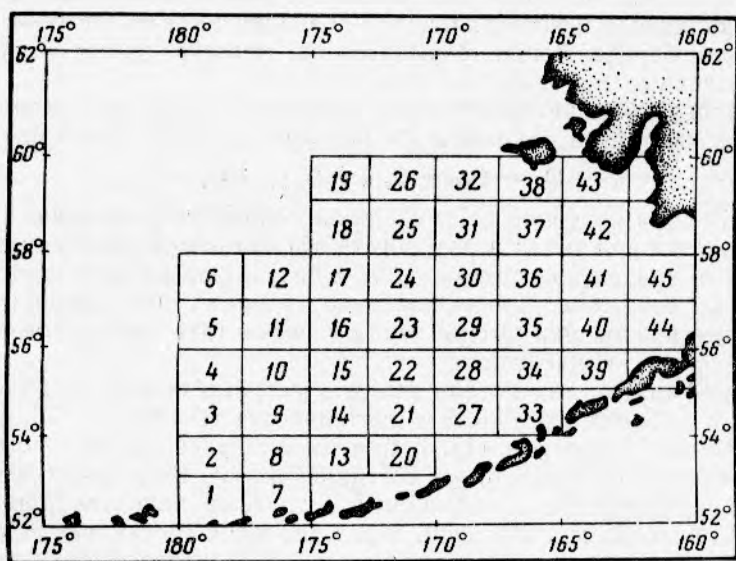
$Q_{\text{т}}$ — приток или потери тепла в результате внутриводного теплообмена в результате деятельности течений.

В общем уравнении (1), принятом для расчета теплового баланса, мы пренебрегли некоторыми составляющими, имеющими относительно малую величину. Так, по аналогии с другими дальневосточными морями приток тепла из литосферы через дно моря составляет не более $0,001$ количества тепла, получаемого морем от суммарной солнечной радиации $Q_{\odot}$. Приток тепла за счет перехода кинетической энергии движения вод в тепловую и за счет химических процессов вместе не превышает $0,001$ от $Q_{\odot}$. Приток тепла, поступающего с береговым стоком, примерно равен $0,003 Q_{\odot}$. При этом надо иметь в виду, что действие тепла, прино-

* В расчетах отдельных составляющих теплового баланса принимали участие студенты ДВГУ О. П. Аксенова и Е. И. Мишанина.



а



б

Рис. 1. Схема расположения квадратов в Беринговом море:
а — в юго-западной части; б — в юго-восточной.

симого береговым стоком, строго локально и приурочено к устьевым пространствам в теплое время года. Кроме того, при учете внутриводного теплообмена моря мы пренебрегли величиной теплообмена через Берингов пролив, считая, что через него происходит вынос берингово-морских вод и эффект адвекции будет обнаруживаться в Чукотском море. По абсолютной величине тепловой поток через пролив значительно меньше тепловых потоков из Тихого океана в Берингово море.

СУММАРНАЯ СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ

Количество тепла, поглощаемое поверхностью моря от суммарной солнечной радиации, определялось по соотношениям Савинова — Онгстрема

$$Q_{\odot} = (Q + q)_0 [1 - (1 - k)N] (1 - \alpha),$$

где $(Q + q)_0$ — суммарная солнечная радиация при безоблачном небе (в ккал/см² в месяц), определяемая по таблице Украинцева;

N — облачность в десятых долях покрытия неба;

k — коэффициент, показывающий, какая доля солнечной радиации, падающей на верхнюю границу облаков, достигает земной поверхности при наличии полной облачности;

α — альбедо морской поверхности для суммарной солнечной радиации (k и α выбирались из соответствующих таблиц, составленных по данным наблюдений в пунктах, расположенных на различных широтах).

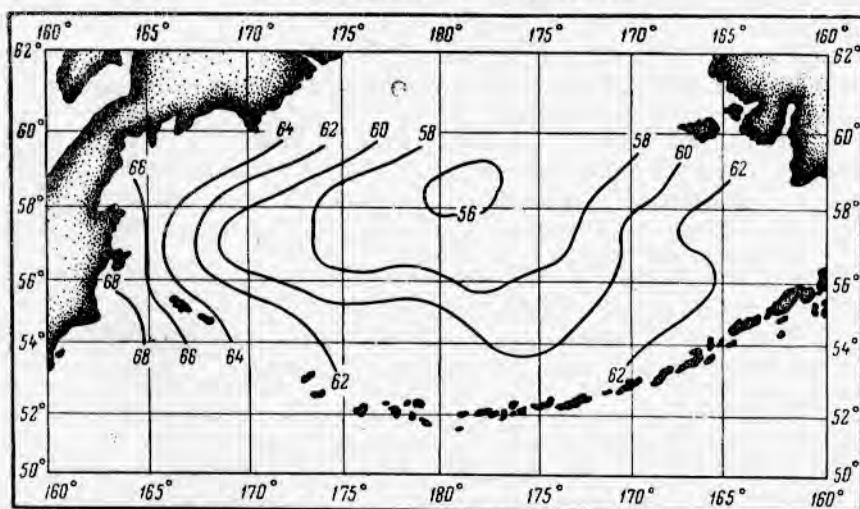


Рис. 2. Распределение суммарной солнечной радиации (в ккал/см²) в год.

В среднем за год суммарная солнечная радиация в юго-западном районе Берингова моря составляет 61,3 ккал/см²; максимальное значение $Q_{\odot}$ — на западе (66 ккал/см²), а наименьшее — на востоке (56 ккал/см²). В пространственном распределении $Q_{\odot}$ довольно отчетливо выражена меридиональная зональность и отсутствует широтная (рис. 2). Если учесть, что решающее влияние на $Q_{\odot}$ оказывает облачность, то такое нарушение правильной широтной зональности $Q_{\odot}$ можно объяснить резким увеличением облачности с запада на восток. В годовом ходе $Q_{\odot}$ максимальное значение отмечалось в июне (10 ккал/см²), а минимальное значение — в январе (0,85 ккал/см²).

Максимальное значение $Q_{\odot}$ из-за своеобразного годового распределения количества водяных паров в атмосфере смещено на июнь вместо июля.

В юго-восточной части Берингова моря в среднем за год поверхность моря получает $59,4 \text{ ккал/см}^2$ от суммарной солнечной радиации. Максимальное значение годовых сумм $Q_{\odot}$ отмечается в юго-восточной части рассматриваемого района ($62,96 \text{ ккал/см}^2$), а минимальное — в северо-западной части ($55,44 \text{ ккал/см}^2$). В пространственном распределении $Q_{\odot}$ в данном районе отмечается некоторая меридиональная зональность (рис. 2). В среднем для всего юго-восточного района моря максимум приходится на июнь ($9,3 \text{ ккал/см}^2$), а минимум — на декабрь ($0,8 \text{ ккал/см}^2$). В отдельных квадратах отмечается отклонение во времени наступления максимума от среднего значения по данному району Берингова моря. Так, в квадратах 22 и 23 максимум наступает в июле, а в квадратах 17,33—37,39—41 — в мае.

На поверхность вод юго-западного района за год поступает несколько большее количество тепла ($61,3 \text{ ккал/см}^2$) от суммарной солнечной радиации, чем на поверхность юго-восточного района ($59,4 \text{ ккал/см}^2$).

Это различие прослеживается почти в течение всего года и сглаживается лишь в ноябре и декабре.

ЭФФЕКТИВНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Часть тепла, получаемого морем от Солнца, теряется на обратное лучеиспускание. С другой стороны, атмосфера также частично излучает тепло, поглощаемое земной поверхностью, в виде так называемого встречного излучения. Разность величин тепловых потоков, излучаемых морем в атмосферу и атмосферой в сторону земной поверхности, носит название эффективного излучения. Расчет эффективного излучения в данной работе производился по формуле Онгстрема — Кузьмина

$$Q_{\text{эф}} = \alpha \sigma T_a^4 (1 - A) (1 - cN) - \alpha (\sigma T_w^4 - \sigma T_q^4),$$

здесь $Q_{\text{эф}}$ — отдача тепла морем в результате эффективного излучения, ккал/см^2 в месяц;

α — лучеиспускательная способность воды и льда (соответственно равная 1 и 0,95);

σ — постоянная Стефана — Больцмана, равная $8,26 \cdot 10^{-11} \text{ ккал/см}^2 \text{град}^4 \text{мин}$;

A — коэффициент, зависящий от абсолютной влажности воздуха и определяемый по формуле Пиккерса — Ефимова

$$A = 0,07 \sqrt{e} + 0,53,$$

где e — абсолютная влажность воздуха, мм;

N — облачность в десятых долях покрытия неба;

c — коэффициент, зависящий от формы облаков (по Онгстрему принят равным 0,75);

T_w — абсолютная температура поверхности воды;

T_a — абсолютная температура воздуха.

Эффективное излучение с поверхности моря, покрытого льдом, рассчитывалось по этой же формуле. Лучеиспускательная способность льда принималась равной 0,95. Температура поверхности льда считалась равной температуре воздуха; в случае положительных температур воздуха температура льда принималась равной 0. Эффективное излучение с поверхности квадрата моря, частично покрытого льдом, рассчитывалось по формуле

$$Q_{\text{эф}} = (1 - S_m) Q_w + S_m Q_l,$$

где $Q_{\text{эф}}$ — величина эффективного излучения, ккал/см^2 в месяц;

$Q_{\text{в}}$ — величина $Q_{\text{эф}}$ с поверхности моря, свободной ото льда;
 $Q_{\text{л}}$ — величина $Q_{\text{эф}}$ с поверхности моря, покрытой льдом;
 $S_{\text{л}}$ — площадь, покрытая льдом, в десятых долях площади квадрата.

В юго-западной части Берингова моря эффективное излучение составляет в среднем за год $36,9 \text{ ккал/см}^2$. Максимальные значения $Q_{\text{эф}}$ приурочены к северо-восточной части данного района и составляют 42 ккал/см^2 , а минимальные — на юго-западе — 32 ккал/см^2 . В пространственном распределении отмечается в большей степени меридиональная зональность (рис. 3).

В годовом ходе $Q_{\text{эф}}$ максимум приходится на январь—февраль и составляет $3,7 \text{ ккал/см}^2$, а минимум на июль — 2 ккал/см^2 . Потери тепла на эффективное излучение в среднем за год для всего юго-восточного

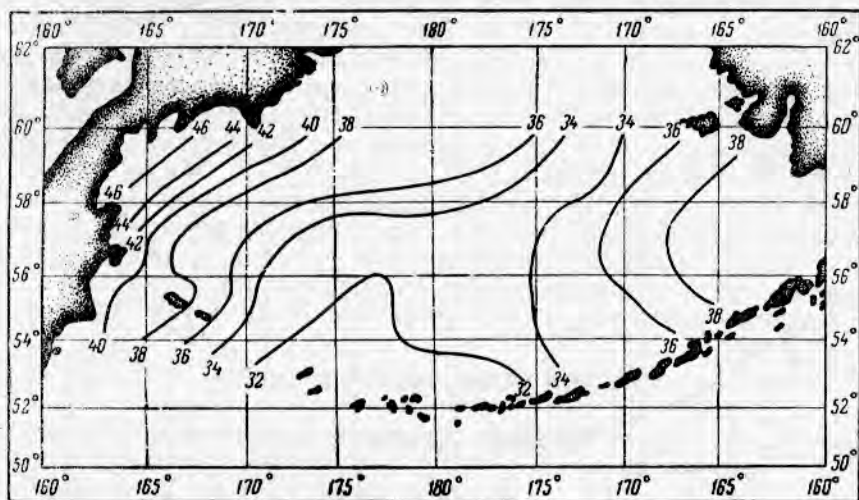


Рис. 3. Распределение эффективного излучения в ккал/см^2 в год.

района Берингова моря составляют $34,6 \text{ ккал/см}^2$. В среднем за год $Q_{\text{эф}}$ увеличивается по акватории данного района с запада на восток (рис. 3). В пространственном распределении $Q_{\text{эф}}$ ясно выражена меридиональная зональность.

Максимум эффективного излучения рассматриваемого района — на востоке ($39,4 \text{ ккал/см}^2$ в год), а минимум — в юго-западной части (32 ккал/см^2 в год). В годовом ходе $Q_{\text{эф}}$ максимум отмечается в ноябре, декабре, январе ($3,9 \text{ ккал/см}^2$ в месяц), а минимум в июне ($1,7 \text{ ккал/см}^2$). В некоторых квадратах наблюдается отклонение времени наступления минимума $Q_{\text{эф}}$ от среднего значения по данному району. Так, в квадратах 6 и 12 минимум наступает в мае, а в квадратах 4, 5, 11, 24, 30 — в июле.

Величина теплопотерь за год за счет эффективного излучения в юго-западном районе больше ($36,9 \text{ ккал/см}^2$), чем в юго-восточном ($34,6 \text{ ккал/см}^2$). Это связано с различием тепловых свойств поверхности моря между этими районами, а также с различием распределения величин влажности воздуха и облачности.

РАДИАЦИОННЫЙ БАЛАНС ($Q_{\odot} - Q_{\text{эф}}$)

В среднем за год радиационный баланс в юго-западном районе положительный и составляет $24,6 \text{ ккал/см}^2$. В годовом ходе радиационного баланса максимум отмечается в июне ($7,3 \text{ ккал/см}^2$), а минимум — в

декабре—январе ($-2,8$ ккал/см²). С октября по февраль радиационный баланс отрицательный.

В пространственном распределении в среднем за год радиационный баланс достигает максимальных значений в квадратах 9, 10, 11, 13 (соответственно 29,2; 30,5; 29,2; 29,9 ккал/см²), а минимальных значений — в квадратах 37, 38, 39 и 47 (соответственно 19,4; 19,8; 19,5; 19,8 ккал/см²). В юго-восточной части Берингова моря радиационный баланс в среднем за год также положительный и составляет 24,8 ккал/см². Максимум радиационного баланса приходится также и в юго-западном районе на июнь (7,3 ккал/см²), а минимум — на декабрь (-3 ккал/см²). С октября по февраль радиационный баланс в этом районе отрицательный. В пространственном распределении максимальных значений за год радиационный баланс достигает в квадратах 1, 2, 3, 7 и 8 (соответственно 28,5; 28,3; 28; 28,6 и 28,1 ккал/см²), а минимальных значений в квадратах 17, 23 (соответственно 21,1; 20,8 ккал/см²). Таким образом, амплитуда колебаний значений радиационного баланса по акватории юго-восточного района (7,8 ккал) меньше амплитуды колебаний в юго-западном районе (11,1 ккал). В среднем же за год радиационный баланс в юго-восточном районе лишь на 0,2 ккал больше радиационного баланса юго-западного района.

По А. М. Баталину [2], радиационный баланс в среднем за год для всего моря составляет 28,7 ккал/см², по нашим же расчетам, в юго-западном районе — 24,6, а в юго-восточном — 24,8 ккал/см². Как видно, порядок величины сохраняется. По Т. Г. Берлянд [3], радиационный баланс для этого района моря составляет 40 ккал/см² в год.

РАСХОД ТЕПЛА НА ИСПАРИЕНИЕ

Для расчета теплотерь при испарении была использована формула В. С. Самойленко

$$Q_{\text{и}} = B'_z \cdot u_z (E - e_z) L,$$

- где $Q_{\text{и}}$ — величина теплотерь при испарении, ккал/см² в месяц;
 B'_z — коэффициент диффузно-турбулентного испарения, который зависит от высоты z , на которой измеряется скорость ветра и абсолютная влажность воздуха;
 u_z — скорость ветра на уровне z м над поверхностью моря, см/сек;
 E — максимальная упругость водяного пара, насыщающего воздух при температуре поверхности воды, мм;
 e_z — абсолютная влажность воздуха на уровне 8 м над поверхностью моря, мм;
 L — скрытая теплота парообразования.

При расчете потерь тепла на испарение соленость морской воды не учитывалась из-за отсутствия многолетних данных. Считается, что понижение максимальной упругости насыщения водяных паров над морской водой соленостью 35‰ по сравнению с упругостью над пресной водой составляет всего 2%.

При наличии льда теплотери на испарение рассчитывались также по формуле Самойленко. При этом максимальная упругость насыщения водяных паров определялась уже не по температуре воды, а по температуре воздуха, так как считается, что поверхность льда имеет температуру, близкую к температуре воздуха. В тех случаях, когда лед покрывал не всю площадь квадрата, величина теплотерь определялась по тому же соотношению, что и эффективное излучение в подобном случае.

В юго-западной части Берингова моря потери тепла на испарение в среднем за год составляют 41,3 ккал/см². Наибольшего значения тепло-

потери $Q_{и+к}$ за год достигают вблизи пролива между Командорскими и Алеутскими о-вами ($54,4 \text{ ккал/см}^2$), а наименьшего — в северной части данного района ($22,4 \text{ ккал/см}^2$).

В пространственном распределении $Q_{и+к}$ отмечается широтная зональность — с севера на юг потери тепла на испарение увеличиваются (рис. 4). В годовом ходе $Q_{и+к}$ максимум теплопотерь приходится на январь ($5,9 \text{ ккал/см}^2$), а минимум — на июнь, когда наблюдается конденсация водяных паров.

Потери тепла на испарение в юго-восточной части Берингова моря в среднем за год составляют $34,8 \text{ ккал/см}^2$. Максимум теплопотерь $Q_{и+к}$ отмечается на юго-востоке рассматриваемого района ($45,8 \text{ ккал/см}^2$), а минимум — в северной части ($13,2 \text{ ккал/см}^2$). Области соприкосновения теплых вод с холодными характерны усиленным испарением при ветре из области холодных вод на теплые. Этим отчасти можно объяснить наибольшие величины $Q_{и+к}$ в квадратах 27,33 ($45,1$ и $45,8 \text{ ккал/см}^2$).

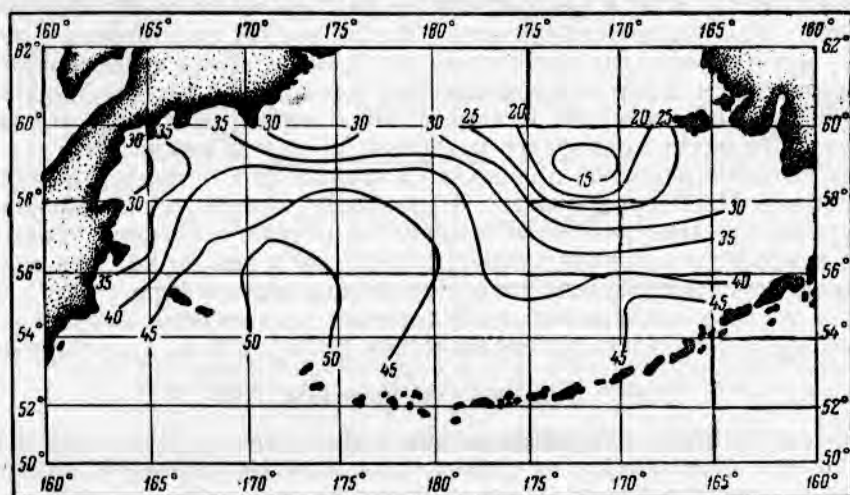


Рис. 4. Распределение потерь тепла в результате испарения (в ккал/см^2) в год (с учетом конденсации).

При переносе теплых воздушных масс на более холодную подстилающую поверхность дефицит влажности уменьшается и $Q_{и+к}$ достигает минимальных значений, а в некоторых случаях имеет место даже конденсация, т. е. преобладает приток тепла в результате конденсации. Этим можно объяснить минимальные потери тепла на испарение в северной части рассматриваемого района.

В годовом ходе потерь тепла на испарение отмечается максимум в ноябре ($6,6 \text{ ккал/см}^2$). В некоторых квадратах время наступления максимума отклоняется от среднего для всего района. Так, в квадратах 25, 26, 32, 37, 38 максимум отмечается в октябре. Минимум $Q_{и+к}$ в среднем для всего юго-восточного района отмечается в июне ($-1,5 \text{ ккал/см}^2$). Другими словами, в летние месяцы (июнь—август) преобладающим является процесс конденсации водяных паров и наблюдаются не потери тепла, а приток.

В юго-западном районе теплопотери за счет испарения ($41,3 \text{ ккал/см}^2$) больше, чем в юго-восточном ($34,8 \text{ ккал/см}^2$). Это различие очень велико в холодное время года (с января по апрель). Особенно много поступает тепла за счет конденсации в юго-восточной части в июне. В этом месяце в юго-восточном районе повторяемость туманов может превышать 40%, тогда как в юго-западном районе средняя величина повторяемости туманов составляет около 30%. Обычно наибольшее испарение отмечается

над областями теплых течений, а конденсация водяных паров — над областями холодных. Исходя из этого можно утверждать, что в юго-западном районе приток теплых тихоокеанских вод значительно больше, чем в юго-восточном районе.

По А. М. Баталину, тепловые потери на испарение в среднем за год по всему морю составляют $40,7 \text{ ккал/см}^2$, а по нашим расчетам, в юго-западном районе — $41,3$, в юго-восточном — $34,8 \text{ ккал/см}^2$. Порядок величин сохраняется, но подчеркивается индивидуальность каждого из этих районов в отношении подстилающей поверхности и распределения влажности и скорости ветра. По Т. Г. Берлянд [3], потери тепла на испарение составляют 20 ккал/см^2 в год.

КОНВЕКТИВНО-ТУРБУЛЕНТНЫЙ ТЕПЛООБМЕН

Поверхность моря и расположенные над ней воздушные массы обычно имеют различную температуру. Этого вполне достаточно, чтобы между ними происходил постоянный теплообмен, чтобы существовал постоянный тепловой поток, направленный или от моря к атмосфере (если море теплее воздуха), или от атмосферы к морю (если море холоднее воздуха). Разность температур поверхности моря и нижних слоев атмосферы является основной причиной, порождающей и поддерживающей теплообмен. Поэтому величина теплообмена прямо пропорциональна этой разности. При равенстве температур поверхности моря и нижних слоев атмосферы величина теплообмена равна 0, как бы не была велика степень развития турбулентности и конвекции в атмосфере.

Для расчета конвективно-турбулентного теплообмена моря с атмосферой была использована теоретическая формула В. С. Самойленко

$$Q_{т.о} = c'_z \cdot u_z (t_w - t_a),$$

где $Q_{т.о}$ — величина теплообмена, ккал/см^2 в месяц;

u_z — скорость ветра на уровне z над поверхностью моря, см/сек ;

t_w — температура воды поверхности моря;

t_a — температура воздуха на уровне z над поверхностью моря;

c'_z — коэффициент, зависящий от уровня, на котором измеряются температура воздуха и скорость ветра, а также от шероховатости поверхности (при $z=8 \text{ м}$, $c'_z = 0,04 \times 10^{-5} \text{ CGS}$).

Теплообмен через лед вычисляли по формуле В. В. Шулейкина

$$Q_{л} = \sigma \frac{\Delta T}{\Delta z},$$

где $Q_{л}$ — теплообмен через лед, ккал/см^2 в год;

σ — коэффициент теплопроводности морского льда, принятый равным $0,003 \text{ (CGS)}$;

Δz — средняя толщина льда, см ;

ΔT — разность температур на верхний (T_1) и нижний (T_2) границах ледяного покрова.

Вследствие того, что температура льда, как правило, не измеряется, разность температур на верхней и нижней границах ледяного покрова приравнивалась к разности средних температур воды и воздуха, когда температура воздуха была выше нуля, температура на верхней границе ледяного покрова принималась равной 0. Толщина льда рассчитывалась по эмпирической формуле Н. Н. Зубова.

$$i^2 + 50i = 8R,$$

где i — толщина льда, см ;

R — число градусо-дней мороза.

В юго-западной части Берингова моря потери тепла в результате теплообмена с атмосферой в среднем за год составляют $16,9 \text{ ккал/см}^2$. Наибольшего значения конвективно-турбулентный теплообмен достигает на севере рассматриваемого района ($25,6 \text{ ккал/см}^2$ в год) и в районе севернее пролива между Командорскими о-вами ($23,1 \text{ ккал}$). Наименьшие значения $Q_{т.о}$ относятся к северу данного района ($4,9 \text{ ккал/см}^2$ в год). В пространственном распределении преобладает широтная зональность (рис. 5). В годовом ходе максимум отмечается в январе—декабре.

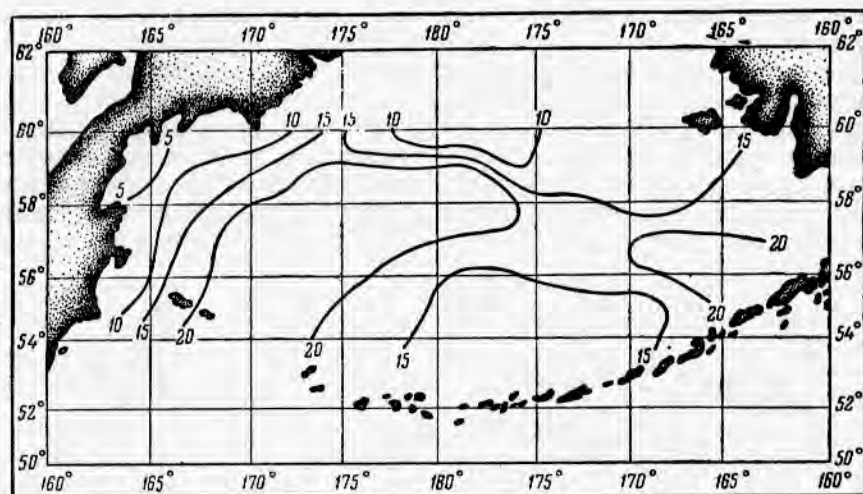


Рис. 5. Распределение потерь тепла в результате конвективно-турбулентного теплообмена моря с атмосферой (в ккал/см^2) в год.

В зимние месяцы теплообмен отрицательный, т. е. море отдает тепло атмосфере. Летом отмечается приток тепла из атмосферы к морю. В июле этот приток составляет $0,4 \text{ ккал/см}^2$. В юго-восточной части Берингова моря потери тепла на конвективно-турбулентный теплообмен моря с атмосферой в среднем за год составляет $16,5 \text{ ккал/см}^2$. По акватории данного района в среднем за год $Q_{т.о}$ увеличивается с северо-запада на юго-восток (рис. 5). Максимальная величина $Q_{т.о}$ отмечается в юго-восточной части ($24,9 \text{ ккал/см}^2$), а минимальная — в западной части рассматриваемого района ($10,4 \text{ ккал/см}^2$).

В годовом ходе $Q_{т.о}$ отмечается максимум в январе ($4,3 \text{ ккал/см}^2$). Летом (май—август) преобладает приток тепла из атмосферы и составляет в июне $0,6 \text{ ккал/см}^2$. При относительно небольшой разности величин конвективно-турбулентного теплообмена юго-западного и юго-восточного районов в среднем за год значительные различия обнаруживаются в холодное время года.

По Баталину, потери тепла в результате конвективно-турбулентного теплообмена моря с атмосферой в среднем за год для всего Берингова моря составляют $15,8 \text{ ккал/см}^2$, по нашим расчетам, в юго-западной части — $16,9$, а в юго-восточной — $16,5 \text{ ккал/см}^2$. Порядок величин сохраняется, но подчеркивается, что максимальные потери относятся именно к этим двум районам Берингова моря. По Берлянд [3], потери тепла в результате конвективно-турбулентного теплообмена составляют 10 ккал/см^2 в год. Такое различие с Атласом теплового баланса для всех составляющих можно объяснить тем, что размеры квадратов ($10 \times 10^\circ$) соизмеримы со всем районом, для которого производился подсчет, но несоизмеримы с отдельными небольшими районами. И поэтому при работе на меньших квадратах и выявляются индивидуальные особенности отдельных районов.

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ

Определив все составляющие, можно получить величину теплового баланса поверхности моря как алгебраическую сумму компонент. Ввиду того что адвекцию тепла течениями рассчитывать невозможно из-за отсутствия многолетних наблюдений соответствующего ряда лет, будем считать остаточный член в тепловом балансе поверхности моря равным адвекции тепла, а общий тепловой баланс моря — равным 0. Это будет справедливо для многолетних данных, для отдельных же лет тепловой баланс может быть не равен 0 и приравнивание адвекции тепла остаточному члену теплового баланса поверхности моря будет неправильным.

Процентное соотношение составляющих теплового баланса Берингова моря приведено в табл. 2, из которой видно, что наибольшую роль в тепловом балансе обоих рассматриваемых районов играет суммарная солнечная радиация, эффективное излучение и испарение. Адвекция тепла течениями в юго-западной части Берингова моря имеет большее значение, чем в юго-восточной. Можно предположить, что в юго-западную часть моря входит больший объем теплых тихоокеанских вод.

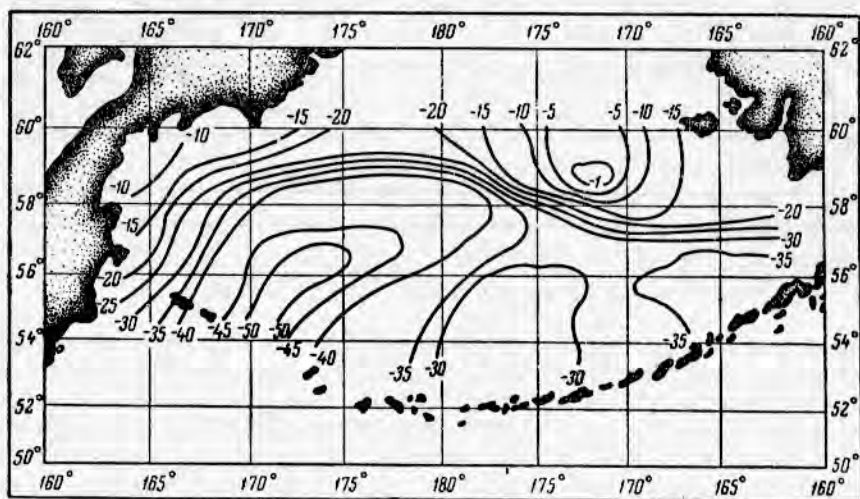


Рис. 6. Распределение теплового баланса поверхности моря (в kcal/cm^2) в год.

На рис. 6 показано распределение средних годовых значений величины теплового баланса поверхности моря в обоих районах. Основной особенностью юго-западного района является то, что он почти целиком находится в полузамкнутой области дефицита тепла. Этот дефицит может компенсироваться в результате прямого вторжения тихоокеанских вод через пролив между Командорскими и Ближними о-вами. В юго-восточном районе также имеется область дефицита тепла, который компенсируется за счет теплопритока из океана через восточные проливы Алеутской гряды. Однако здесь строение поля теплового баланса поверхности моря выражено менее отчетливо, чем в предыдущем районе. Эти результаты совпадают с данными Баталина. Расчет осредненных величин теплового баланса поверхности этих двух районов Берингова моря, важных для рыбного промысла, дает возможность создать фоновые представления о тепловом режиме вод моря.

В юго-западном районе тепловой баланс поверхности моря в среднем за год отрицательный и составляет $33,8 \text{ kcal/cm}^2$. В годовом ходе положительные значения теплового баланса поверхности моря отмечаются с мая по сентябрь с максимумом в июне ($7,3 \text{ kcal/cm}^2$), а отрицательные значения — с октября по апрель с минимумом в январе ($-12,3 \text{ kcal/cm}^2$).

Таблица 2

Месяц	Приход				Расход					Приход				Расход				
	суммарная солнечная радиация	конвективно- турбулентный теплообмен	конденсация	сумма	эффективное излучение	испарение	конвективно- турбулентный теплообмен	сумма	тепловой баланс	суммарная солнечная радиация	конвективно- турбулентный теплообмен	конденсация	сумма	эффективное излучение	испарение	конвективно- турбулентный теплообмен	сумма	тепловой баланс
	Юго-западный район									Юго-восточный район								
I	0,9	0	0	0,9	3,7	5,9	3,6	13,2	-12,3	1,1	0	0	1,1	3,9	4,0	4,3	12,2	-11,1
II	2,1	0	0	2,1	3,7	4,6	3,1	11,4	-9,3	2,2	0	0	2,2	2,8	2,0	2,3	7,1	-4,9
III	4,8	0	0	4,8	3,8	3,9	2,2	9,9	-5,1	4,6	0	0	4,6	3,4	5,5	1,6	10,5	-5,9
IV	7,0	0	0	7,0	3,0	3,4	1,2	7,6	-0,6	7,0	0	0	7,0	3,0	4,7	1,4	9,1	2,1
V	9,2	0	0	9,2	2,4	1,2	0,1	3,7	5,5	8,9	0	0	8,9	2,2	1,1	0,1	3,4	5,5
VI	9,7	0	0,1	9,8	2,4	0	0,1	2,5	7,3	9,3	0,6	1,5	11,4	1,7	0	0	1,7	9,7
VII	9,1	0,4	0	9,5	2,0	0,6	0	2,6	6,9	8,8	0,4	0,2	9,4	1,4	0	0	1,9	7,5
VIII	7,4	0,2	0	7,6	2,4	0,9	0	3,3	4,3	7,1	0,3	0,5	7,9	2,0	0	0	2,0	5,9
IX	5,6	0	0	5,6	2,7	2,2	0	4,9	0,7	4,9	0	0	4,9	2,5	1,7	0,4	4,6	0,3
X	3,3	0	0	3,3	3,7	6,1	1,4	11,2	-7,9	3,2	0	0	3,2	3,4	5,7	1,7	10,8	-7,6
XI	1,4	0	0	1,4	3,5	7,2	2,6	13,3	-11,9	1,5	0	0	1,5	3,9	6,6	2,0	12,5	-11,0
XII	0,8	0	0	0,8	3,6	5,4	3,2	12,2	-11,4	0,8	0	0	0,8	3,9	5,7	4,0	13,6	-12,8
Средне- годовая	61,3	0,6	0,1	62,0	36,9	41,4	17,5	95,8	-33,8	59,4	1,3	1,2	62,9	34,6	37,0	17,8	89,4	-26,5
%	32	0,3	0,1	—	19,3	21,6	9,1	—	17,6	33,2	0,7	1,2	—	19,4	20,7	10,0	—	14,8

Таблица 3

№ квadra- та	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Юго-западная часть													
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	7,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	8,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—12,0	—7,7	—3,9	—0,4	—	8,2	—	—	—	—5,8	—12,5	—11,0	—
9	—13,5	—9,6	—5,4	—2,4	—	9,0	—	—	—	—6,3	—12,8	—10,7	—
10	—13,1	—11,6	—4,9	—1,5	5,5	7,9	—	—	—	—6,4	—13,1	—11,7	—
11	—13,6	—12,1	—10,9	—1,0	5,5	7,6	—	6,4	—	—6,6	—12,5	—10,8	—
12	—14,3	—11,6	—10,4	—0,2	5,5	7,9	6,6	6,1	—	—5,7	—12,5	—11,1	—
13	—15,3	—11,7	—9,0	—0,2	5,8	7,9	6,8	4,2	—	—5,3	—8,5	—10,2	—
14	—14,6	—4,5	—5,9	0,6	5,3	8,0	6,5	4,6	—	—4,1	—8,5	—11,1	—
15	—12,5	—9,8	—6,7	—2,8	4,4	8,7	5,8	4,9	1,1	—6,8	—11,4	—11,4	—36,5
16	—13,1	—10,8	—6,5	—2,3	4,8	8,2	6,2	5,1	0,9	—6,4	—12,4	—12,5	—38,8
17	—14,1	—12,4	—8,2	—2,3	4,9	7,4	5,8	3,8	0,9	—7,4	—12,8	—12,6	—47,0
18	—15,7	—13,6	—10,4	—2,1	5,4	6,6	6,1	4,8	0,2	—7,2	—13,4	—11,1	—50,4
19	—15,1	—12,3	—9,7	—1,6	5,6	5,8	5,9	6,4	—0,7	—6,0	—12,3	—9,7	—43,7
20	—14,6	—10,2	—8,7	—0,7	5,0	5,1	6,0	4,6	—0,5	—5,0	—9,5	—11,5	—40,2
21	—16,2	—2,9	—2,8	2,3	4,4	6,9	6,5	5,2	1,6	—5,4	—9,3	—11,5	—21,2
22	—14,4	—10,6	—7,3	—2,1	5,9	6,1	6,1	4,4	0,5	—8,5	—13,7	—11,7	—45,3
23	—15,2	—11,7	—7,2	—3,0	4,8	6,8	6,1	3,9	1,3	—7,5	—13,8	—12,3	—47,8
24	—14,6	—13,4	—6,4	—2,8	4,8	6,4	6,2	4,0	1,1	—8,0	—14,7	—10,3	—53,9
25	—15,3	—12,7	—9,2	—3,2	4,4	5,7	6,2	4,4	0,8	—7,6	—13,5	—10,7	—50,7
26	—14,4	—11,7	—7,9	—1,5	4,6	4,9	6,0	3,9	0,7	—5,1	—13,3	—11,0	—44,8
27	—12,9	—10,0	—4,4	—0,4	6,2	5,4	6,5	4,8	—0,1	—3,8	—9,0	—11,2	—28,9
28	—10,4	—1,8	1,6	—0,3	6,0	6,7	6,9	3,2	—0,4	—4,4	—13,6	—9,9	—15,6
29	—14,5	—8,8	—7,2	—2,8	5,8	6,8	7,4	4,3	2,2	—9,8	—11,7	—12,0	—40,3
30	—15,2	—9,8	—7,3	—3,0	5,2	7,1	7,7	4,1	2,3	—10,2	—10,5	—11,2	—40,8
31	—14,7	—11,6	—7,6	—3,1	4,6	6,7	7,2	3,9	1,8	—10,3	—10,3	—10,9	—43,7
32	—13,0	—12,6	—6,2	—2,7	4,8	6,1	6,9	4,0	1,1	—9,1	—10,6	—11,6	—42,9
33	—13,2	—11,2	—4,5	—2,3	5,4	5,9	7,8	4,5	0,9	—7,9	—12,0	—11,5	—38,1
34	—13,8	—9,6	1,6	1,0	4,5	5,8	7,0	4,0	—0,8	—6,7	—12,6	—11,7	—31,3
35	—9,1	—7,7	0,8	4,0	6,4	7,8	7,1	5,3	0,0	—9,7	—12,7	—5,7	—13,4
36	—5,4	—0,8	—1,7	—2,2	7,4	9,3	7,3	6,9	0,9	—9,3	—12,0	—11,7	—11,3
37	—12,3	—13,2	—5,5	—4,3	7,1	6,3	6,8	4,8	1,2	—10,9	—12,1	—11,6	—43,7
38	—14,6	—11,8	—9,1	—4,2	6,4	6,3	6,0	4,6	1,2	—10,8	—10,6	—11,5	—48,1
39	—14,9	—12,3	—9,0	—3,1	6,0	6,6	6,1	3,2	1,3	—10,9	—10,3	—10,7	—48,0
40	—14,2	—12,7	—8,9	—2,2	6,0	6,1	7,0	2,7	0,2	—10,3	—10,8	—11,2	—49,3
41	—13,6	—12,5	—6,2	0,5	6,6	5,7	7,9	3,3	—0,2	—0,9	—10,6	—11,4	—39,5
42	—14,3	—11,6	—0,2	2,3	5,6	5,8	9,1	3,7	—1,1	—7,2	—14,4	—11,2	—33,5
43	—7,0	—6,1	1,9	3,9	5,8	6,4	9,4	2,8	—0,9	—6,7	—13,3	—13,6	—17,4
44	—2,2	—1,9	2,1	4,1	4,7	7,7	7,4	3,8	—0,4	—6,6	—15,1	—10,2	—6,6
45	—6,3	—6,8	2,2	2,2	5,9	9,5	7,6	6,2	—0,5	—8,2	—10,5	—15,8	—14,5
46	—8,3	—7,4	2,3	1,2	6,4	9,6	7,3	4,8	—0,5	—8,9	—10,0	—11,9	—15,3
47	—8,9	—8,4	1,0	0,7	6,9	7,4	7,2	4,8	—0,1	—10,1	—10,4	—10,6	—20,5
48	—10,8	—10,7	1,5	1,3	6,8	7,7	7,7	3,2	0,3	—8,7	—9,3	—11,4	—22,5
49	—9,1	—9,9	—2,4	3,4	6,0	8,2	8,4	4,3	0,1	—7,4	—10,5	—11,4	—20,3
50	—7,9	—5,7	0,1	3,3	7,3	8,7	8,7	4,5	—0,1	—8,0	—12,2	—11,7	—13,0
51	—7,6	—4,7	—	—	7,3	8,6	8,8	4,4	0,1	—10,8	—13,7	—12,3	—
Среднее	—12,3	—9,3	5,1	—0,6	5,5	7,3	6,9	4,3	0,7	—7,9	—11,9	—11,4	—33,8
Юго-восточная часть													
1	—7,7	—4,2	—5,7	—2,3	4,1	8,2	6,5	5,3	0,4	—7,3	—11,1	—11,3	—25,1
2	—8,2	—4,0	—5,6	—1,3	4,2	8,2	6,2	5,5	0,6	—6,6	—11,7	—10,7	—23,4
3	—9,4	—3,1	—5,5	—2,6	4,3	8,1	6,3	5,7	0,7	—6,4	—12,2	—10,2	—24,3
4	—10,4	—5,1	—5,1	—3,0	4,8	7,8	5,9	5,5	0,4	—6,8	—12,6	—11,0	—29,5
5	—10,3	—7,3	—7,6	—2,2	4,7	6,3	5,9	5,6	0,9	—7,6	—12,9	—11,8	—36,3
6	—11,7	—9,7	—6,8	—4,1	5,4	7,2	7,6	5,2	1,3	—9,0	—13,4	—12,3	—40,3
7	—7,5	—4,8	—6,3	—1,6	4,1	8,2	7,0	5,1	0,1	—6,7	—10,9	—11,6	—24,9
8	—7,2	—4,2	—5,7	—2,7	4,1	8,5	6,7	5,4	0,5	—6,4	—11,5	—9,8	—22,3
9	—9,5	—4,4	—6,4	—2,7	4,5	8,5	5,9	5,8	0,9	—6,0	—11,9	—10,9	—26,2
10	—10,2	—5,5	—5,2	—3,7	4,4	8,3	6,4	5,7	0,9	—6,5	—12,1	—11,1	—28,6

№ квadra- та	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
11	-10,0	-7,4	-5,9	-4,0	5,9	7,9	6,0	5,3	0,8	-7,3	-13,2	-11,9	-33,8
12	-11,6	-9,0	-6,8	-4,0	5,7	8,4	8,3	5,4	1,0	-9,1	-13,2	-12,3	-37,2
13	-8,6	-5,7	-6,8	-1,7	4,0	8,1	7,8	5,1	0,1	-7,0	-11,4	-12,0	-28,1
14	-9,8	-5,1	-7,0	-2,6	3,8	8,1	5,3	5,7	-0,1	-5,9	-10,7	-11,7	-30,0
15	-11,4	-5,6	-7,1	-2,9	3,4	11,3	4,6	6,1	0,7	-6,0	-11,0	-12,0	-29,9
16	-16,4	-7,1	-5,8	-2,4	4,1	11,8	6,8	5,6	1,0	-7,4	-11,0	-11,4	-32,6
17	-12,9	-7,6	-4,9	-4,7	6,6	11,8	7,8	7,7	2,8	-8,8	-12,1	-12,4	-26,7
18	-10,8	-2,3	-3,5	-1,1	7,4	13,9	10,2	7,0	2,6	-8,4	-10,9	-12,8	-4,1
19	-11,1	-1,2	-2,7	2,4	7,5	14,9	10,8	7,1	-2,1	-7,9	-10,0	-13,3	-3,2
20	-8,3	-6,2	-7,7	-1,7	4,4	8,8	4,1	4,8	0,1	-7,0	-10,8	-12,1	-31,6
21	-9,4	-6,2	-7,8	-1,9	4,5	8,7	5,0	5,0	0,2	-5,8	-11,0	-11,9	-30,6
22	-11,2	-6,5	-7,1	-3,0	3,9	7,6	5,5	5,4	0,5	-5,2	-11,4	-13,0	-34,5
23	-12,0	-8,0	-8,2	-2,2	4,9	8,5	7,9	8,8	0,5	-7,1	-11,2	-12,9	-31,0
24	-13,6	-8,1	-3,9	-3,1	6,6	10,1	8,6	10,0	3,0	-8,7	-11,6	-12,4	-23,1
25	-8,5	0,8	1,4	-0,3	7,6	12,4	10,1	9,6	-0,8	-9,1	-10,2	-13,1	-0,1
26	-11,0	0,3	-2,1	2,2	7,3	14,3	9,8	8,8	-1,7	-8,5	-9,8	-13,5	-3,9
27	-10,3	-6,7	-8,6	-2,0	5,6	9,5	4,8	4,6	0,1	-7,2	-10,4	-12,4	-33,0
28	-12,4	-7,9	-7,9	-1,9	4,8	9,1	5,9	5,7	1,8	-7,0	-11,9	-13,5	-35,2
29	-15,3	-7,9	-6,8	-1,9	8,1	9,8	7,8	5,4	0,9	-8,9	-11,1	-12,8	-32,7
30	-12,8	2,8	-3,7	-2,8	6,3	10,7	8,4	5,9	3,1	-8,2	-9,5	-13,3	-13,1
31	-10,6	2,1	-3,6	-1,4	7,2	11,4	10,0	6,3	-0,7	-8,3	-9,2	-15,0	-11,8
32	-10,8	1,2	-2,4	-0,2	6,7	11,7	9,9	6,2	-2,9	-9,3	-8,1	-13,4	-11,4
33	-10,4	-9,0	-9,4	-3,8	6,2	9,0	7,0	5,0	0,1	-8,9	-10,7	-13,2	-38,1
34	-13,7	-7,6	-8,4	-2,5	5,9	8,6	7,2	4,7	0,9	-7,5	-10,0	-14,6	-37,0
35	-15,4	-9,0	-7,3	-2,0	7,1	8,8	7,3	5,2	0,8	-8,4	-8,8	-15,5	-37,2
36	-10,7	-0,0	-4,7	-2,0	6,9	8,9	7,6	4,9	0,0	-7,7	-8,1	-15,1	-20,0
37	-10,3	-1,0	-4,2	-2,6	6,5	10,6	8,7	5,2	-2,5	-8,3	-8,6	-13,4	-17,5
38	-10,9	-1,0	-3,3	-0,2	6,9	11,8	8,3	4,4	-3,1	-8,8	-8,3	-13,4	-15,6
Среднее	11,1	-4,9	-5,9	-2,1	5,5	9,7	7,5	5,9	0,3	-7,6	-11,0	-12,8	-26,9

В пространственном распределении теплового баланса поверхности юго-западного района моря максимальные потери тепла относятся к квадратам 18, 24, 25 и 40 (соответственно $-50,4$; $-53,9$; $-50,7$; $-49,3$ ккал/см² в год), минимальные — к квадратам 36, 44, 45 и 50 (соответственно $-11,3$; $-6,6$; $-14,5$; -13 ккал/см² в год). В юго-восточной части Берингова моря тепловой баланс поверхности в среднем за год также отрицателен и составляет 26,5 ккал/см² (табл. 3). Положительные значения теплового баланса поверхности моря отмечаются с мая по сентябрь с максимумом в июне (9,7 ккал/см²), а отрицательные значения — с октября по апрель с минимумом в декабре ($-12,8$ ккал/см²). Максимальные потери тепла в юго-восточном районе в среднем за год отмечаются в квадратах 6, 12, 33, 34 и 35 (соответственно $-40,3$; $-37,2$; -37 ; $-37,2$ ккал/см²), а минимальные потери тепла — в квадратах 18, 19, 25 и 26 (соответственно -41 ; $-3,2$; $-0,1$; $-3,9$ ккал/см²). По Баталину [2], тепловой баланс поверхности всего Берингова моря в среднем за год составляет 28,7 ккал/см², по нашим расчетам, в юго-западной части — 33,8 и в юго-восточной — 26,5 ккал/см². Порядок величин сохраняется, но подчеркивается индивидуальность каждого из выбранных районов. Юго-западная часть имеет больший дефицит тепла по сравнению с юго-восточной.

По Берлянд [3], в юго-западной части море получает 20 ккал/см² тепла в год, а в юго-восточной потери тепла составляют около 20 ккал/см² в год.

Тепловой режим моря, как известно, складывается из теплового баланса поверхности моря, адвекции тепла и распределения тепла на глубинах. Полный тепловой баланс может быть равен нулю только в среднем многолетнем аспекте. Отрицательные его значения соответствуют более холодному году, а положительные — теплоту. Поэтому для от-

дельных лет необходимо определять адвекцию тепла каким-нибудь независимым способом.

Определив благодаря расчету теплового баланса поверхности моря зоны вторжения теплых тихоокеанских вод, можно объяснить повышение температуры воды и особенно воздуха Берингова моря по сравнению с Охотским. Холодные воздушные массы с азиатского материка, уже несколько прогреваясь над Охотским морем, как бы отдают часть холода. Проходя над Камчаткой, они не успевают еще охладиться ввиду малых размеров этого полуострова и, вторгаясь в район Берингова моря, встречают теплые зоны вторжения тихоокеанских вод, где еще более повышается температура воздушных масс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате расчета теплового баланса юго-западного и юго-восточного районов Берингова моря выяснилось, что наибольшие потери тепла приурочены к первому из этих районов и если в многолетнем аспекте можно предполагать компенсацию этого дефицита тепла притоком теплых тихоокеанских вод, то в отдельные годы эта компенсация может происходить неполностью. На основании этого можно сказать, что юго-западная часть моря холоднее юго-восточной. В действительности, средняя температура слоя 0—200 м в отдельные годы примерно на 3° меньше температуры соответствующего слоя юго-восточной части моря.

При расчете температурных колебаний, распространяющихся в глубь моря, выполненных в лаборатории физики моря Дальневосточного государственного университета для центров отдельных квадратов, рассматриваемых районов, оказалось, что в области вторжения тихоокеанских вод в верхнем 200-метровом слое расчетные данные температуры ниже наблюдаемых. Такое расхождение обусловлено в значительной мере адвекцией тепла с юга. Следовательно, этим способом можно определить вертикальное строение потока тихоокеанских вод, обеспечивающих эту адвекцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баталин А. М. Тепловой баланс дальневосточных морей. Известия АН СССР. Серия геофизическая, № 7, 1959.
2. Баталин А. М. Опыт расчета теплового баланса Берингова моря. Тр. Океанограф. комиссии АН СССР. Т. VII. М., 1960.
3. Берлянд Т. Г. Атлас теплового баланса. Под ред. М. И. Будыко. Л., Гидрометеиздат, 1955.
4. Будыко М. И., Берлянд Т. Г., Зубенок Л. И. Методика климатологических расчетов составляющих теплового баланса. Тр. ГГО. Вып. 48 (110), 1954.
5. Зубов Н. Н. Морские воды и льды. М., Гидрометеиздат, 1938.
6. Климатический и гидрологический атлас Берингова моря. Под ред. В. С. Самойленко. М., Гидрометеиздат, 1956.
7. Самойленко В. С. Современная теория океанического испарения и ее практическое применение. Тр. ГОИН. Вып. 21 (33), 1952.
8. Шулейкин В. В. Физика моря. М., Изд-во АН СССР, 1953.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ
к книге «Советские рыбохозяйственные исследования
в северо-восточной части Тихого океана»

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
56	14 снизу	условная вертикальной стенки	условная вертикальная стенка
60	19 снизу	исключениям	искажениям
83	7 сверху	к северо-восточной	к северо-западной
83	8 сверху	на юго-западе	на юго-востоке
113	22 снизу	14 мм	14 м
175	Подпись под рис. 4	А — возраст 9 +; Б — возраст 3 +	А — возраст 3 +; Б — возраст 9 +
176	Подпись под рис. 5, 10 сверху	в — зависимости	б — зависимости
191	Таблица 10, 3 снизу	10	100
196	Подпись под рис. 10	а — июнь — сентябрь	а — июнь — сентябрь 1957 г.
244	13 сверху	или первый, чаще второй	или первый, реже второй
246	29 снизу	по-видимому, был, а большая часть	по-видимому, была большая часть

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

551.464(265)

КРАТКАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОД СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Р. Л. Давидович
ТИНРО

С 29 июня по 2 августа 1957 г. на экспедиционном судне ТИНРО «Изумруд» проведена комплексная экспедиция в северной части Тихого океана.

Исследованиями была охвачена большая акватория к юго-востоку от п-ова Камчатка (рис. 1). Северная граница исследованного района

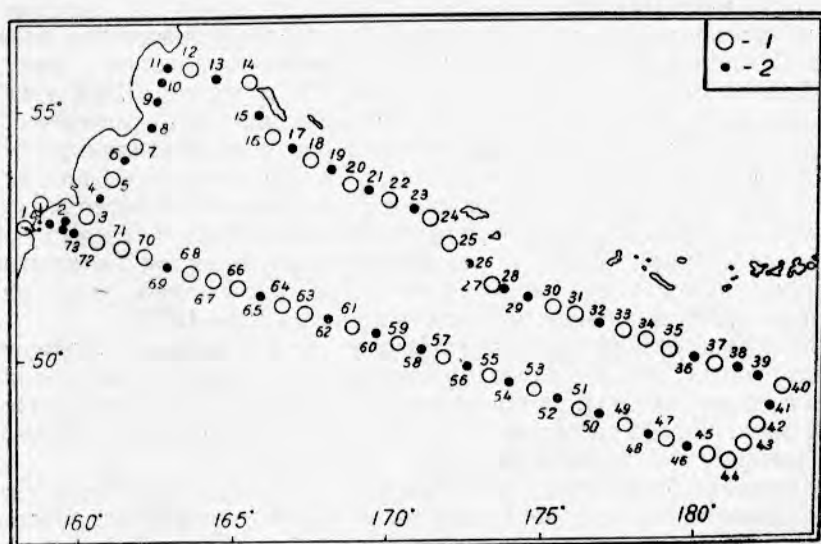


Рис. 1. Схема станций, выполненных экспедиционным судном «Изумруд» летом 1957 г.:

1 — полный комплекс гидрохимических определений; 2 — соленость.

проходит по Камчатскому проливу, вдоль Командорских и Ближних о-вов и дальше на юго-восток до меридиана 177° з. д. С юга исследованный район ограничен прямой, идущей на юго-восток от Авачинского зал. до точки с координатами $\varphi=47^{\circ}42'$ с. ш. и $\lambda=178^{\circ}47'5''$ з. д.

В судовой лаборатории во время экспедиции проводились определения кислорода, активной реакции, фосфатов, кремнекислоты, нитритов, щелочного резерва. На некоторых станциях были взяты пробы воды для определения содержания нитратов. Всего за время рейса было проделано 4227 анализов. В работе принимала участие М. К. Буянкина.

Определения гидрохимических характеристик (кислорода, биогенных элементов, активной реакции, щелочности) производились по стандартной методике [3]. Для определения фосфатов, кремнекислоты и нитритов готовились стандарты соответственно на бесфосфатной, бескремневой и безнитритной морской воде. Активная реакция (рН) выражалась по Паличу. Нитраты были определены в гидрохимической лаборатории ВНИРО по методу Трофимова [5].

Обследованный район Тихого океана может быть разбит на две части: западная (от п-ова Камчатка до меридиана 170° в. д.), заполненная преимущественно субарктическими водами, и восточная часть, особенно юго-восточная, заполненная в основном океаническими водами умеренных широт.

В районе исследований обитают многие пелагические рыбы и китообразные. В настоящее время, когда уделяется большое внимание морскому периоду жизни лососевых, дальнейшее изучение гидрологического и гидрохимического режимов вод, где они распространены, должно способствовать рациональному их промыслу.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ

Северо-западная часть Тихого океана характеризуется сложным комплексом поверхностных течений, которые в значительной степени обуславливают распределение гидрохимических элементов. Кроме того, в районе Командорско-Алеутской гряды, как и в районе Курильской, происходит мощный подъем на поверхность глубинных вод, богатых биогенными элементами, что создает благоприятные условия для развития жизни. Степень насыщения поверхностной воды кислородом в северо-западной части Тихого океана превышала 100%, доходя до 130% у входа в зал. Кроноцкий. Это обусловлено тем, что в начале гидрологического лета в данном районе происходило массовое развитие фитопланктона (цветение воды); особенно бурным оно было в прикамчатской полосе. Во время цветения кислород продуцируется быстрее, чем происходит отдача его в атмосферу, в результате чего поверхностный слой сильно обогащается кислородом. По мере продвижения на юго-восток к открытой части океана насыщение поверхностной воды кислородом уменьшается, доходя на крайних юго-восточных станциях до 101—102%.

Величина активной реакции (рН) отражает изменения в содержании углекислого газа в воде. Поверхностное распределение активной реакции сходно с поверхностным распределением кислорода. В прикамчатском районе значение рН составляет 8,3. По мере удаления от берега величина рН уменьшается постепенно.

Содержание биогенных элементов позволяет судить о биологической продуктивности той или иной области моря. Фитопланктон, используя биогенные элементы и солнечную энергию, образует кормовую базу для многочисленных представителей водного мира. Поэтому особенно важно изучить распределение и динамику биогенных элементов, чтобы иметь возможность более детально решать вопросы о первичной продуктивности.

Воды северо-западной части Тихого океана богаты биогенными элементами. В этом районе в результате подъема глубинных вод большое количество биогенных элементов непрерывно поступает в вышележащие слои.

У материкового шельфа Камчатки бурное развитие фитопланктона приводит в период вегетации к резкому уменьшению содержания биогенных элементов. Количество фосфатов на поверхности колеблется в пределах 15—18 мг/м³, количество кремнекислоты — 400—700 мг/м³, а нитриты полностью отсутствуют.

Дальше от берегов Камчатки содержание биогенных элементов повышается, причем остается довольно равномерным. Наблюдаются значительные концентрации фосфатов и кремнекислоты в юго-западной части района.

Поверхностное распределение нитритов в основном повторяет черты, свойственные распределению фосфатов и кремнекислоты.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Характер распределения гидрохимических элементов по вертикали в северо-западной части Тихого океана следует рассматривать в связи со структурой вод в данном районе [2, 4].

Субарктические воды. Воды северо-западной части Тихого океана в связи с климатическими условиями значительное время года сохраняют холодный промежуточный слой, который и является характерной особенностью субарктической воды.

Для иллюстрации характера распределения гидрохимических элементов по вертикали в районе субарктической воды в табл. 1 приведены данные, полученные на одной станции, расположенной в западной части Камчатского пролива. Эти данные графически изображены на рис. 2 а. Прежде всего, обращает на себя внимание бедность поверхностного слоя биогенными элементами. На глубине 25—50 м в связи с образованием слоя скачка плотности происходит резкое изменение содержания биогенных элементов. Наличие слоя большого градиента плотности затрудняет подачу биогенных элементов из нижних слоев в верхний.

Таблица 1

Вертикальное распределение гидрохимических элементов
в районе субарктической воды

Гори- зонт, м	t, град	S, ‰/о	O ₂		pH	P, мг/м ³	Si, мг/м ³	N—NO ₂ ¹ , мг/м ³
			мл/л	%				
0	6,3	31,73	7,60	109	8,32	16	500	0
10	—	32,62	—	—	8,28	16	460	0
25	2,56	33,04	9,58	125	8,22	32	800	1,0
50	2,00	33,22	8,06	102	7,95	56	1350	1,2
100	1,18	33,33	7,22	90	7,90	63	2000	6,8
(200)	—	(33,34)	—	(89)	(7,92)	(63)	(2100)	—
225	0,95	33,34	7,06	89	7,93	63	2200	0
(300)	—	(33,68)	—	(42)	(7,62)	(72)	(3000)	—
325	3,40	33,84	2,49	32	7,56	75	4000	—
500	3,48	34,22	0,90	11	7,53	88	4550	—
750	3,18	34,30	0,59	8	7,54	94	6000	—
1000	2,68	34,49	0,49	6,5	7,58	101	7500	—
1500	3,46	33,80	2,59	34	7,61	85	3500	—

Концентрация кислорода в поверхностном слое воды значительная. На глубине 10—25 м, в зоне фотосинтеза, находится кислородный максимум.

В вертикальном распределении нитритов характерно следующее. Во время цветения воды в слое 0—10 м нитриты исчезают до аналитического нуля. Ниже слоя скачка плотности, на глубине 50—100 м, образуется летний максимум нитритов.

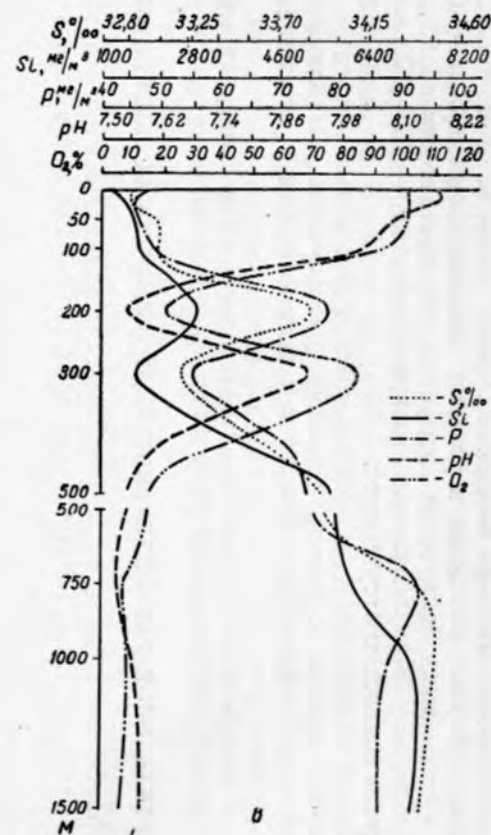
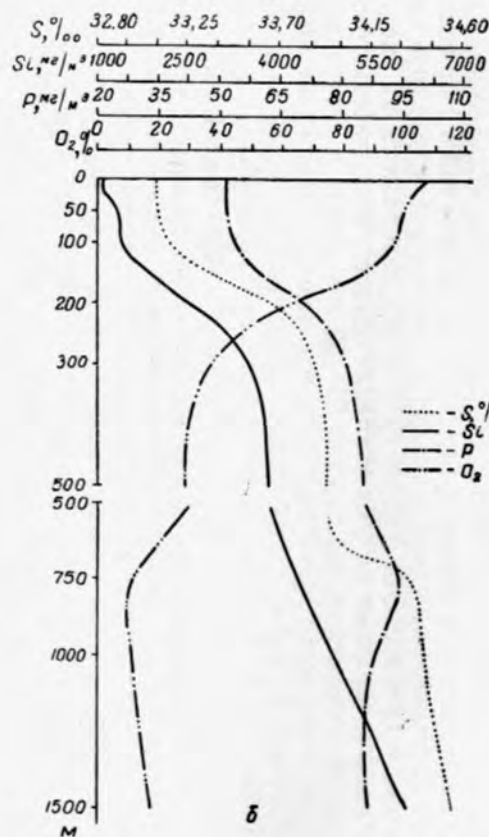
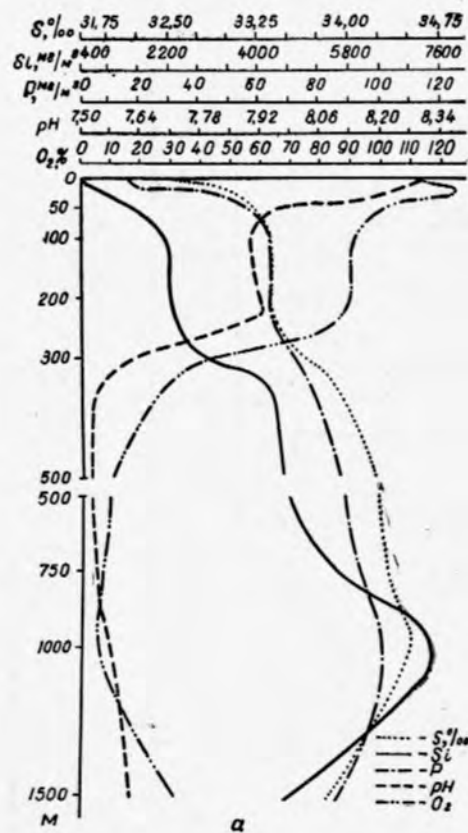


Рис. 2. Вертикальное распределение гидрохимических элементов и солёности
 а — в районе субарктических вод; б — в районе умеренных широт; в — на ст. № 34.

Холодный промежуточный слой характеризуется высокими концентрациями кислорода и биогенных элементов. Переход от холодного промежуточного слоя к нижележащему теплomu сопровождается резким уменьшением концентрации кислорода и значения pH, в то время как содержание биогенных элементов возрастает. Глубинный теплый промежуточный слой характеризовался наблюдавшимся минимумом кислорода (0,6 мл/л) и максимумом фосфатов (до 100 мг/м³). Содержание кремнекислоты в теплом глубинном промежуточном слое составляет 3000—7000 мг/м³, причем это не всегда соответствует наблюдавшемуся максимуму. В глубинной воде, занимающей слой ниже 1000 м, содержание кислорода увеличивается с увеличением глубины, вместе с этим книзу возрастает и значение pH, концентрация же фосфатов уменьшается (табл. 1). Глубинная вода северо-западной части Тихого океана, как и нижний теплый промежуточный слой, сходна с такими же водами других районов Тихого океана [1].

Океанические воды умеренных широт. Как уже отмечали, юго-восточная часть исследованного района северо-запада Тихого океана заполнена водами, отличающимися от субарктических. В качестве примера распределения химических характеристик на одной из станций данного района ($\varphi = 48^{\circ}34'$ с. ш., $\lambda = 177^{\circ}42'$ в. д.) приведена табл. 2.

Таблица 2

Вертикальное распределение гидрохимических элементов
в районе вод умеренных широт

Горизонт, м	t, град	S, ‰	O ₂		P, мг/м ³	Si, мг/м ³	N—NO ₂ , мг/м ³
			мл/л	%			
0	9,1	33,09	7,02	106	42	1140	1,8
10	8,12	33,08	6,99	105	38	1100	1,7
25	8,12	33,08	7,10	105	46	1240	1,8
50	5,28	33,10	7,08	99	42	1330	1,9
100	4,09	33,15	7,24	98	46	1350	2,1
200	3,39	33,73	4,40	59	71	2600	0
300	3,23	33,88	2,74	36	83	3500	—
500	3,38	33,92	2,16	29	88	3800	—
750	3,10	34,36	0,84	11	99	4300	—
1000	2,80	34,40	0,93	12	90	4900	—
1500	2,22	34,56	1,22	16	88	6000	—

Графически данные таблицы изображены на рис. 2 б. В результате ветрового и конвекционного перемешивания воды верхнего стометрового слоя характеризуются относительно однородным распределением всех гидрохимических элементов. Фосфаты колеблются в пределах 42—46 мг/м³, кремнекислота — 1150—1350 мг/м³, соленость очень незначительно возрастает с глубиной.

В слое 100—200 м происходит резкий скачок всех химических характеристик: концентрация кислорода падает почти вдвое, сильно возрастает содержание кремнекислоты и фосфатов.

Теплый промежуточный и глубинный слой по своим характеристикам ничем не отличаются от соответствующих слоев субарктических вод.

Кроме рассмотренного типа распределения гидрохимических элементов по вертикали, для вод умеренных широт, поступивших в северо-западную часть Тихого океана, характерен и другой тип, который показан на рис. 2 в. Для этого типа распределения характерно наличие опресненного и обогащенного кислородом слоя, залегающего в слое 300—500 м. Количество кремнекислоты и фосфатов в этом слое падает, величина pH, как и концентрация кислорода, возрастает.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в июле 1957 г. исследования в северной части Тихого океана, к юго-востоку от п-ова Камчатка до меридиана западных островов Алеутской гряды (до 177° з. п.), позволили дать краткую гидрохимическую характеристику вод этого района в период его исследования.

Распределение гидрохимических элементов в поверхностном слое находится под влиянием некоторого подъема нижележащих вод с высоким содержанием биогенных элементов и потреблением их вегетирующим фитопланктоном.

Фотосинтетическое пересыщение воды кислородом было в прибрежной западной части обследованного района выше, чем в его юго-восточной открытой части.

Показатель активной реакции воды (рН) подтверждает, что в западной части, особенно у входа в зал. Кроноцкого, интенсивность фотосинтеза выше, чем в юго-восточной открытой части океанических вод.

В местах интенсивно идущего фотосинтеза в поверхностном слое воды наблюдалось уменьшение фосфатов и кремния.

В водах, заполняющих западную часть обследованного района, наибольшее содержание кислорода и наибольшая степень его насыщения наблюдались в верхнем 10—25-метровом слое воды. Летний максимум нитритов отмечен в слое 50—100 м глубины. Переход от холодного промежуточного слоя к нижележащему теплему сопровождается уменьшением содержания кислорода и величины рН и повышением содержания биогенных элементов.

В океанических водах, поступающих из области умеренных широт, кислородный минимум наблюдался от 750 до 1000 м.

В поверхностном слое фосфатов и кремния больше на востоке, чем на западе обследованного района.

Существует и другой тип вертикального распределения гидрохимических компонентов в водах, поступавших из области умеренных широт: слой опресненной воды с более высоким содержанием кислорода по сравнению с водами, лежащими сверху и снизу, расположен между 300 и 500 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богоявленский А. Н. Химическая характеристика вод района Курило-Камчатской впадины. Тр. Ин-та океанол. АН СССР. Т. 12, 1955.
2. Бурков В. А. К гидрологии Командоро-Камчатского района Тихого океана в весеннее время. Тр. Ин-та океанол. АН СССР. Т. 27, 1957.
3. Инструкция для стандартных гидрохимических определений в море, проводимых по плану работ МГГ. Под ред. С. В. Бруевича, 1957.
4. Морозкин К. В. Водные массы северо-западной части Тихого океана в районе Курило-Камчатской впадины. Тр. Ин-та океанол. АН СССР. Т. 12, 1955.
5. Трофимов А. В. Фотометрическое изучение дифениловой реакции для определения малых количеств нитритов в воде. ЖПХ. Т. 9, № 4, 1936.

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

595.384.2/.7 + 639.518/265.2.

БИОЛОГИЯ И ПРОМЫСЕЛ КАМЧАТСКОГО КРАБА PARALITHODES CAMTSCHATICA (TILESIIUS) В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

Н. Г. Королев
ТИНРО

Начиная с 1958 г., Берингоморской научно-промысловой экспедицией ТИНРО-ВНИРО проводится успешное изучение и разведка новых для промысла акваторий Берингова моря и примыкающей к нему части Тихого океана. Дальневосточная рыбная промышленность быстро освоила ряд новых районов и объектов промысла и среди них камчатского краба — *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) в юго-восточной части Берингова моря. Ранее здесь работали один, иногда два японских краболова, места и результаты деятельности которых были известны только в самых общих чертах.

В июле—сентябре 1959 г. в юго-восточной части Берингова моря впервые был осуществлен советским судном опытный лов краба. С этого времени советский крабовый промысел в Беринговом море стал успешно развиваться. Одновременно изучается биология краба в этом новом районе. Автор статьи возглавлял биологические исследования краба в 1959—1961 гг. на исследовательском траулере СРТ-4453.

Промысловые скопления камчатского краба в Беринговом море образуются на материковой отмели вдоль побережья п-ова Аляска и о-ва Унимак. Материковая отмель занимает весь Бристольский зал и простирается к западу на 240—360 миль. До глубин 135—170 м дно имеет слабый уклон, который затем круто уходит к большим глубинам. На всей акватории преобладают илисто-песчаные грунты. Степень заиления грунтов заметно сокращается с уменьшением глубины. Больше всего заилены грунты на глубинах более 100 м. От стометровой изобаты в сторону уменьшения глубин преобладают илисто-песчаные грунты. Характер грунтов оказывает значительное влияние на распределение крабов. Чем сильнее заилены грунты, тем меньше крабов наблюдается в этих районах. Промысловые скопления крабов концентрируются в основном на илисто-песчаных грунтах. В табл. 1 показан улов крабов за часовое контрольное траление в зависимости от грунта. В уловах встречались только самцы промысловых размеров.

Придонная температура воды в юго-восточной части Берингова моря значительно изменяется по сезонам. В апреле—мае нулевая изотерма проходит южнее параллели 57° с. ш. и почти строго в направлении с за-

пада на восток. К югу от нулевой изотермы — положительная придонная температура, которая на глубине 90—100 м достигает 3—4°. К северу от 57° с. ш. придонная температура падает до минус 1,5° (рис. 1). В это время крабы концентрируются на относительно небольшой акватории. Границы скоплений определяются нулевой изотермой на севере и сильно заиленными грунтами на юго-западе на глубине 120—130 м.

Таблица 1

№ трала	Координаты		Глубина, м	Улов, шт.
	с. ш.	з. д.		
Илисто-песчаный грунт				
1	56°04′	165°55′	106	285
2	55°51′	165°44′	113	104
3	55°03′	165°07′	108	53
4	56°01′	166°19′	118	42
Илистый грунт				
5	56°28′	166°55′	109	4
6	56°20′	166°55′	115	3
7	55°41′	166°19′	122	2
8	56°13′	166°55′	122	1

В июне—августе на всей акватории от мыса Ньюэнхем до о-ва Уни-мак температура придонных слоев достигает плюс 4° и более. Границы распространения краба в июне—августе значительно расширяются.

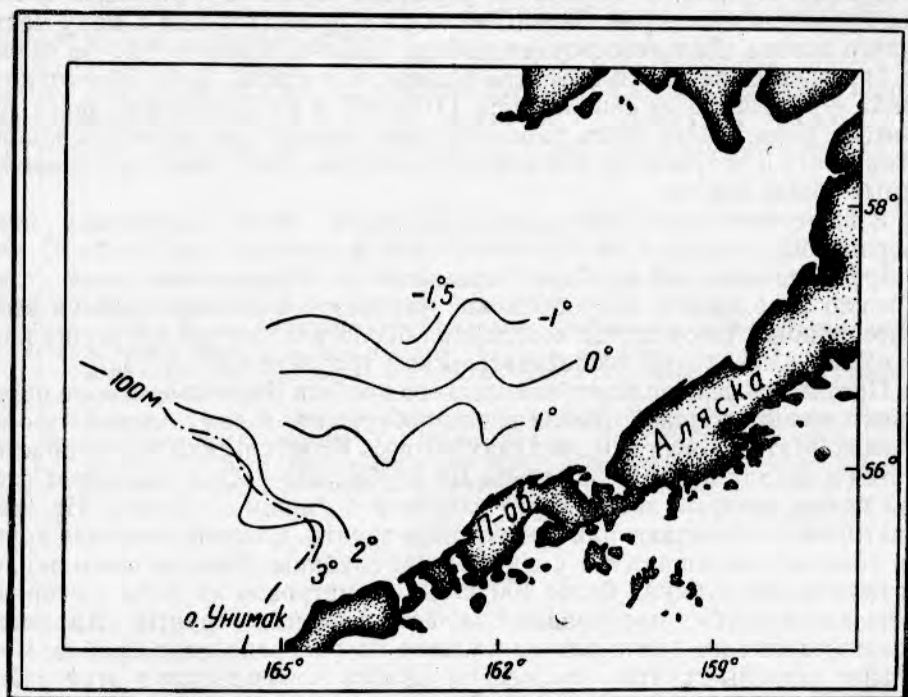


Рис. 1. Распределение температуры воды у дна в апреле 1960 г.

Крабы распространяются к северу и заходят за параллель 58° с. ш. Одновременно крабы перемещаются к востоку в глубь Бристольского зал. Резкое сокращение уловов крабов на одну сеть на промысловых полях

в июле объясняется тем, что крабы распределяются на большей акватории.

Распределение самцов промысловых размеров и маломерных, а также самок по всему промысловому району неодинаково. От стометровой изобаты вдоль побережья п-ова Аляска с уменьшением глубины доля самок в уловах увеличивается. По соотношению возрастных и половых групп крабов в уловах исследовательского траулера СРТ-4453 (28/V—17/VII 1961 г.) можно выделить три основных участка (табл. 2).

Таблица 2

Участок	Количество тралов	Улов крабов за час траления					
		самцы				самки	
		промысловые		маломерные		шт.	%
		шт.	%	шт.	%		
Первый (к востоку от 161° 25' з. д.)	36	21,6	12,6	37,3	21,6	113,4	65,8
Второй (161° 25' — 164° 10' з. д.)	57	20,1	33,8	10,7	18,2	28,7	48,0
Третий (к западу от 164° 10' з. д.)	58	41,0	65,9	2,1	3,4	19,0	30,7
Всего по району	151	28,5	32,6	13,7	15,7	45,2	51,7

В первом и втором участках и в целом по всему промысловому району самки численно преобладали над самцами. Наибольшее количество самок наблюдалось в глубине Бристольского зал. (первый участок), наименьшее — в районе Унимакской камбальной банки (третий участок), причем здесь самки отмечались только в районе о-ва Унимак (рис. 2). С удалением от острова к северу на 40—50 миль вдоль стометровой изобаты самки и маломерные самцы в уловах тралов полностью отсутствовали.

Выход личинок из развившейся икры, линька самок и откладка самками новой икры происходят на всей акватории, занимаемой промысловыми скоплениями крабов, но основным районом размножения крабов следует считать первый участок и примыкающую к нему часть второго. Здесь находятся большие скопления губок и гидроидов. Северная граница их наибольших скоплений проходит в 60—70 милях от побережья п-ова Аляска.

Губки и гидроиды, как известно, — организмы, на которых крабы проводят часть своей жизни. Личинки краба в период перехода к донному образу жизни опускаются на губки, гидроиды или водоросли. На первом участке в июле на кусках губки нами были собраны мальки краба, диаметр панциря которых достигал 0,5—1 см; в уловах тралов отмечены также самцы и самки с диаметром панциря от 2,5 до 7 см.

Выход личинок у отдельных самок начинается в середине апреля по всему промысловому району и продолжается до середины июня (в разные сроки по отдельным участкам). В конце апреля — первой половине мая массовый выход личинок наблюдается в районе о-ва Унимак, в конце мая — начале июня — на северо-востоке в глубине Бристольского зал. В период массового выхода личинок почти все выловленные самки имели пустые оболочки икринок, а часть только что отложенную фиолетовую икру. Самки с бурой икрой встречались редко. Самки с пустыми оболочками икринок линяли. У них легко снимался старый панцирь, а под ним обнаруживался мягкий новый. Самки с фиолетовой

икрой были перелинявшими, но панцирь оставался еще очень мягким и мускулатура конечностей имела водянистую консистенцию.

Во второй половине июня выход личинок, линька и откладывание новой икры по всему промысловому району заканчиваются, в уловах отмечаются самки с темно-фиолетовой и бурой икрой. В июле—августе встречаются самки только с бурой икрой и икрой переходного цвета от темно-фиолетовой к бурой. Ниже показано соотношение (в %) самок с

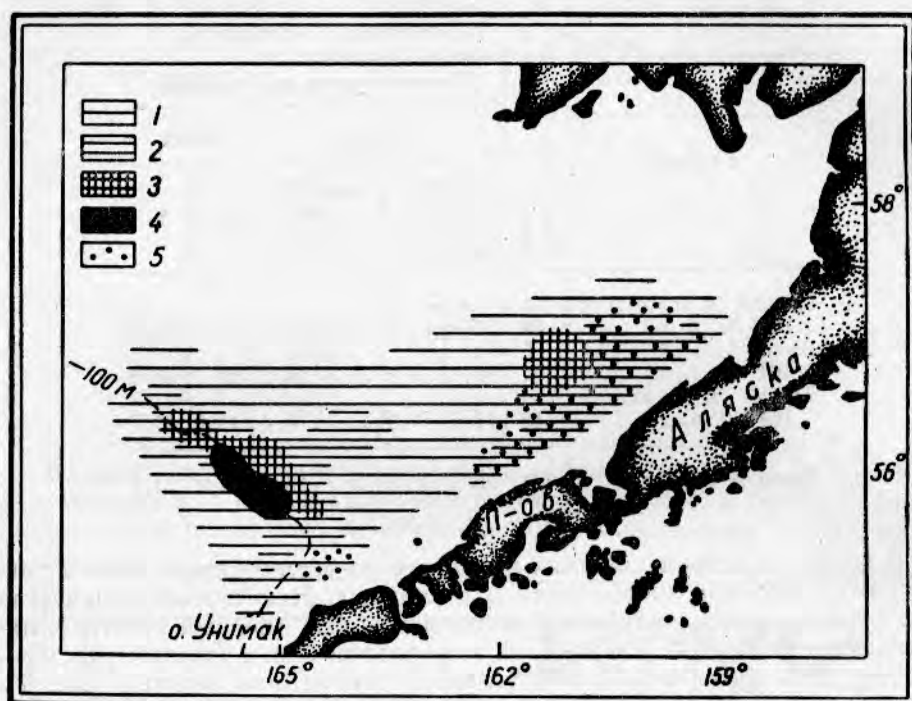


Рис. 2. Уловы крабов тралом с исследовательского судна ТИНРО СРТ-4453:
1 — до 10 шт. на час траления; 2 — 11—50 шт.; 3 — 51—100 шт.; 4 — более 100 шт.; 5 — скопления самок.

разной степенью зрелости икры для периода 28 мая — 29 июня (по данным исследовательского судна СРТ-4453).

Самки	Участки	
	Первый (к востоку от 161° 25' з. д.)	Второй (161° 25'— 164° 10' з. д.)
С выпущенными личинками	90,03	4,5
С икрой		
фиолетовой	9,40	75,24
бурой	0,57	20,26

Промысловые самцы крабов в апреле—июне преобладали в основном III и IV межличиночных категорий с панцирями, покрытыми различными формами обрастаний. Степень обрастания баянусами, гидроидами, домиками червей-спирорбисов, мшанками в отдельных местах промыслового района различна. Наибольшее обрастание крабов крупными баянусами и веточками гидроидов наблюдается в самой восточной части Бристольского зал., т. е. на первом участке. К западу от первого участка степень обрастания крабов уменьшается и организмы обрастаний

достигают меньших размеров. Во втором районе балянусы, поселяющиеся на панцирях крабов, как правило, не превышали в диаметре 1 см. В третьем районе обрастание крабов наблюдается редко и лишь очень мелкими балянусами, размером не более 2—3 мм. Домики червей-спирорбисов, мшанки, гидроиды в обрастаниях краба здесь совсем отсутствуют.

В первом и втором районах, кроме усиленного обрастания панцирей крабов, следует отметить сильную исчерченность розочек (соха) и других члеников ног крабов густой сетью бурых и черных царапин.

Обрастания и исчерченность покровов свидетельствовали о том, что облавливаемые крабовые стада состояли из давно не линявших и старых

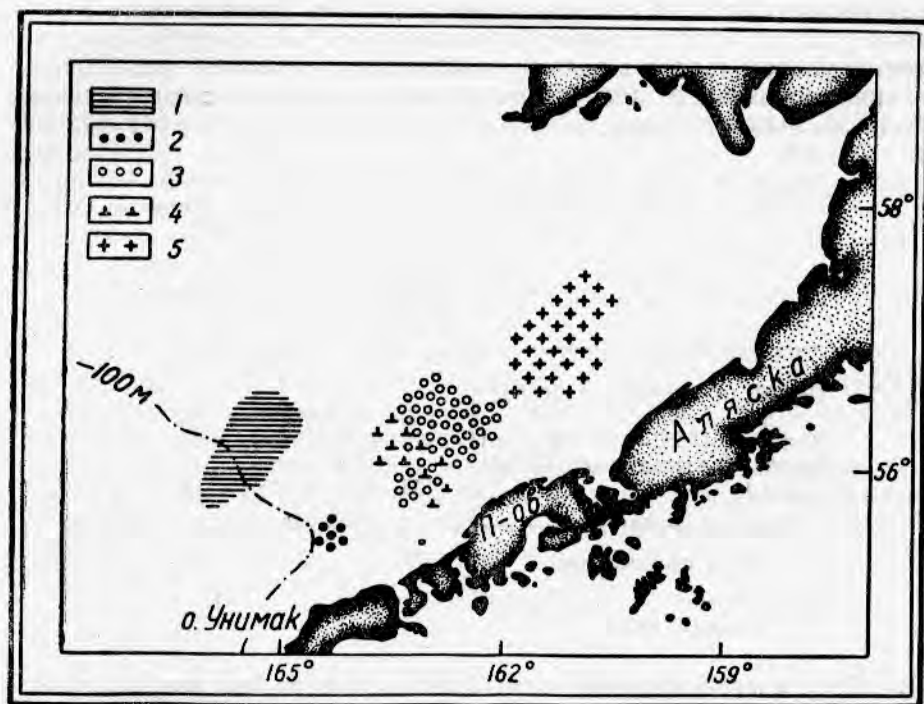


Рис. 3. Промысловые поля краболовов в 1959—1961 гг.:

1 — опытный лов, поле 17 июля — 15 сентября 1959 г.; 2 — поле 3—20 апреля 1960 г.; 3 — поле 21 апреля — 17 июля 1960 г.; 4 — поле 10 апреля — 14 мая 1961 г.; 5 — поле 15 мая — 17 июля 1961 г.

крабов. Только на траверсе о-ва Унимак в районе стометровой изобаты крабы были I и II межлиночных категорий, и почти полностью отсутствовало обрастание. Это должно свидетельствовать о более частой линьке в этом районе. Существенно, что в уловах тралов в этом районе в апреле и мае встречалось значительное количество сброшенных панцирей, что свидетельствовало о происходившей здесь линьке крабов. Скопления крабов в районе стометровой изобаты на траверсе о-ва Унимак, кроме опытного лова в 1959 г. советскими плавзаводами, не облавливались.

Промысловые поля крабов, облавливавшихся советскими краболовами в 1960—1961 гг. (рис. 3), располагались вблизи о-ва Амак и западнее от него на глубинах 70—90 м. В районах, в которых облавливались промысловые скопления, линялых крабов не было.

В 1961 г. в юго-восточной части Берингова моря линька самцов промыслового размера наблюдалась не только на траверсе о-ва Унимак, но

также на северо-востоке в глубине Бристольского зал., в районе наибольшего скопления самок в период массового выклева личинок и линьки самок. Здесь, так же как в районе стометровой изобаты, кроме перелинявших крабов с мягким кожистым панцирем и водянистой консистенцией мускулатуры, в уловах тралов в массе имелись сброшенные панцири. Единичные перелинявшие крабы в апреле—мае встречались по всей акватории образования промысловых скоплений крабов.

В июле—августе по всему промысловому району от о-ва Амак в направлении с запада на восток до 159° з. д. в основном были представлены крабы II и частично III—IV межличинных категорий.

Размеры крабов и процентное соотношение размерных групп по различным участкам района также неодинаковы. Крабы наименьших размеров наблюдаются на северо-востоке в глубине Бристольского зал. в первом участке. Средние размеры промысловых и маломерных самцов и самок по уловам тралов в разных участках юго-восточной части Берингова моря показаны в табл. 3 (по данным исследовательского судна СРТ-4453). Максимальный размер самок с икрой составил 182 мм, самцов — 245 мм.

Таблица 3

Участок	Ширина панциря, мм		
	самцов		самок*
	промысловых	маломерных	
Первый (к востоку от $161^{\circ}25'$ з. д.)	166	106	123
Второй ($161^{\circ}25'—164^{\circ}10'$ з. д.)	175	108	123
Третий (к западу от $164^{\circ}10'$ з. д.)	183	113	141
По всей акватории	178	108	123

* Только с икрой.

В 1959 г. в юго-восточной части Берингова моря был впервые произведен опытный лов крабов и собраны данные о размерах крабов этого района. В 1960—1961 гг. промысел крабов у берегов Аляски значительно активизировался. Увеличили промысел крабов Японии и США, возрос вылов крабов советскими краболовами. Однако уменьшение средних размеров крабов в течение 1960—1961 гг. не произошло (табл. 4). Несколько большие размеры самок и самцов маломерных в 1959 г. объясняются тем, что массовые измерения крабов проводились из уловов, добытых на глубине 90—120 м, где, как мы видели выше скопления состоят

Таблица 4

Год	Ширина панциря, мм		
	самцов		самок
	промысловых	маломерных	
1959*	179	122	151
1960	177	110	121
1961	178	108	128

* Крабы измерялись в пределах стометровой изобаты.

из наиболее крупных крабов. Одновременно с сохранением средних размеров крабов остается устойчивым и средний промысловый улов (табл. 5, шт. на сеть).

Таблица 5

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	За путину
1959	—	—	—	9,0	11,3	10,5	10,5
1960	11,6	10,6	11,6	6,3	—	—	10,1
1961	10,2	9,8	10,8	5,1	—	—	9,0

ВЫВОДЫ

1. В апреле—мае крабы концентрируются на относительно небольшой акватории, ограниченной на северо-востоке нулевой придонной изотермой и на юго-западе — заиленными грунтами, преобладающими на глубине 100—120 м.

2. В июне—августе при повышенной придонной температуре до 4° и более по всей акватории юго-восточной части Берингова моря крабы распространяются к северу до мыса Ньюэнхем и их уловы на одну сеть в этот период сокращаются вдвое.

3. Массовые нерест и линька крабов проходят во второй половине мая — первой половине июня.

4. В тралах исследовательского судна наибольшие уловы самок (65,8% наблюдаются восточнее 162° з. д., линиях самцов (65,9%) — в районе о-ва Унимак вдоль стометровой изобаты. Советские краболовы избегают ловить в этих районах.

5. Средние размеры крабов, несмотря на значительное развитие промысла в течение 1959—1961 гг., не уменьшаются. Одновременно остается устойчивым и средний промысловый улов крабов на одну сеть (см. табл. 5).

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

577.472(266.3)

О КОЛИЧЕСТВЕННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ДОННОЙ ФАУНЫ В ЗАЛИВЕ АЛЯСКА

В. В. Шевцов

ВНИРО

До настоящего времени количественное распределение донной фауны зал. Аляска не изучалось, только во время 29-го рейса экспедиционного судна «Витязь» в глубоководной части залива было взято несколько проб дночерпателем [8].

В 1960 г. на траулере «Первенец» в зал. Аляска проводились комплексные океанологические исследования и на шельфе, и в верхних горизонтах склона залива — были собраны количественные пробы донной фауны. Бентос собирали дночерпателем «Океан-50» 0,25 м², пробы промывались на миллиметровом сите и фиксировались 4%-ным формалином. При обработке бентоса биомасса определялась в формалинном весе.

На каждой станции определяли общую биомассу бентоса и биомассу кормового бентоса*, по возможности определяли руководящие виды.

Разборку и взвешивание проб, а также предварительное определение моллюсков выполнял автор; иглокожие были определены Б. Г. Ивановым, полихеты — А. А. Нейман. В сборе бентоса принимала участие студентка В. Гусева.

В работе излагаются результаты обработки 35 проб бентоса, собранных на 31 станции и расположенных на четырех разрезах (рис. 1).

Ширина шельфа зал. Аляска колеблется от 100—120 миль на западе до 20—30 миль на северо-востоке. Шельф изрезан многочисленными подводными долинами, и на нем много банок и подводных рифов. Для шельфа зал. Аляска характерны песчаные и галечно-гравийные грунты, заиленные грунты развиты слабо. На банках часто встречаются скальные обнажения дна. Дно подводных долин покрыто мелкозернистыми отложениями.

По данным Флеминга [9] на глубине 150—200 м температура воды у дна колеблется в течение года от 4 до 6°. Воды шельфа прогреваются летом у дна до 8,5—9,4°, а на поверхности — до 10—12°. Зимой вся толща шельфовых вод охлаждается до 4°, за исключением районов, на-

* Состав кормового бентоса определялся так, как это принято в отечественной литературе [1, 2, 3].

ходящихся под воздействием относительно теплых вод Аляскинского течения.

Соленость придонных вод на мелководье колеблется от 31,20 до 33,84‰, на глубине 150—200 м — от 32,59 до 34,02‰ и достигает нормальной океанической солености уже на материковом склоне.

Средняя биомасса бентоса как общего, так и кормового в зал. Аляска много выше, чем в смежной с ним восточной части Берингова моря. Так, средняя биомасса бентоса на шельфе составляет 130 г/м², а биомасса кормового бентоса — 80 г/м². Таким образом, по величине сред-

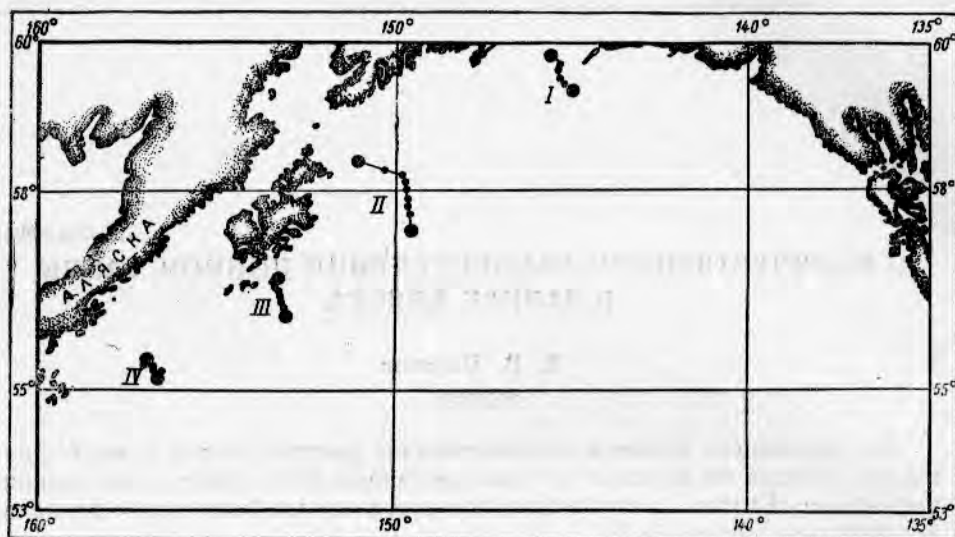


Рис. 1. Карта бентосных станций в зал. Аляска (римскими цифрами обозначены номера разрезов).

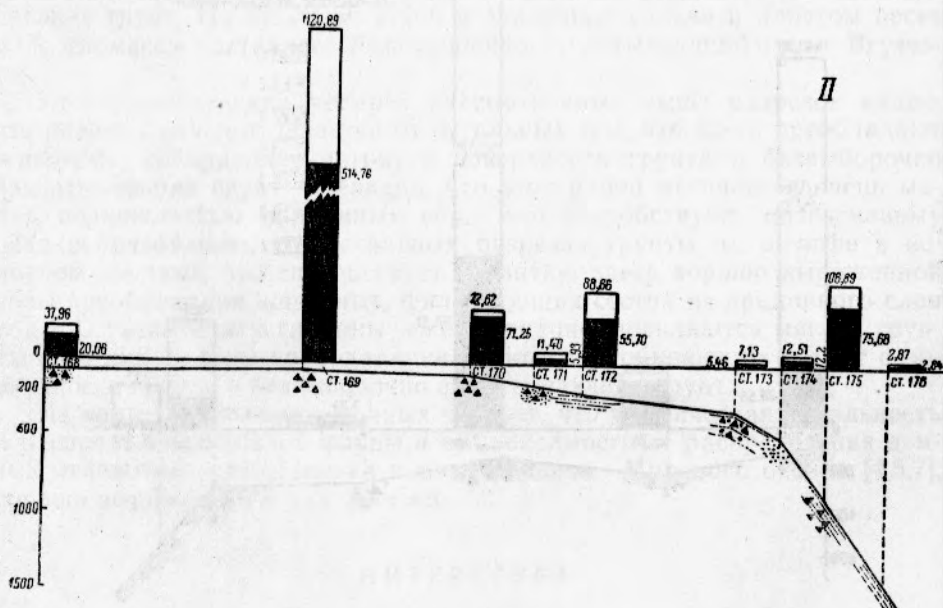
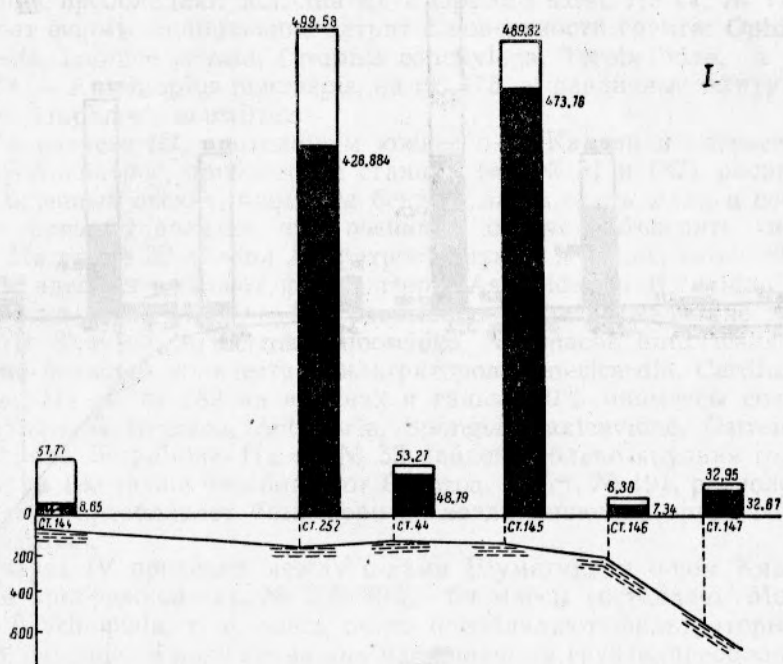
ней биомассы бентоса зал. Аляска должен быть отнесен к районам с достаточно высокой продуктивностью бентоса*.

На разрезе I (рис. 2), где на всех станциях представлен один тип осадков — серый ил, основу фауны составляют детритофаги, безвыборочно заглатывающие грунт** — *Sipunculoidea* (ст. №252 и 145), собирающие детрит с поверхности грунта — *Ophiura sarsi* (ст. № 144 и 44) и *Amphipus macraspis* (ст. № 146, 147). Большую роль играют на всех станциях безвыборочно заглатывающие грунт полихеты: *Sternaspis scutata*, *Axiiothella catenata*, *Aricia norvegica*, *Maldane sarsi*, встречаются собирающие детрит с поверхности грунта: *Leda* sp., *Nucula tenuis*, *Joldia traciaeformis*. Группа животных, фильтрующих сестон из придонного слоя воды, представлена на этом разрезе очень слабо, что естественно для мягких грунтов.

На разрезе II на самом шельфе преобладают жесткие грунты, вследствие чего на этом разрезе велика роль животных, фильтрующих сестон из придонного слоя воды: на ст. № 168 — баянусы (более 50% общей биомассы), на ст. № 169 — *Echinarachnius parma* и двустворчатые моллюски из сем. *Glycimeridae*, составляющие в сумме около 90% общей биомассы, на ст. № 170 около 50% общей биомассы составляет сестонофаг — *Ophiopholis asuleata*, на ст. № 171 около 50% от общей биомассы составляют фильтраторы *Brachiopoda*. На глубине около 200 м жесткие грунты сменяются заиленными и на ст. № 172 около 50% от

* А. А. Нейман. Количественное распределение бентоса и кормовая база донных рыб в восточной части Берингова моря. Тр. ВНИРО — ТИНРО. Т. XLVIII—L. М., 1963.

** Трофические группировки мы выделяли по Е. П. Турпаевой, М. Н. Соколовой, А. А. Нейман [4, 5, 6].



Подпись см. на стр. 110.

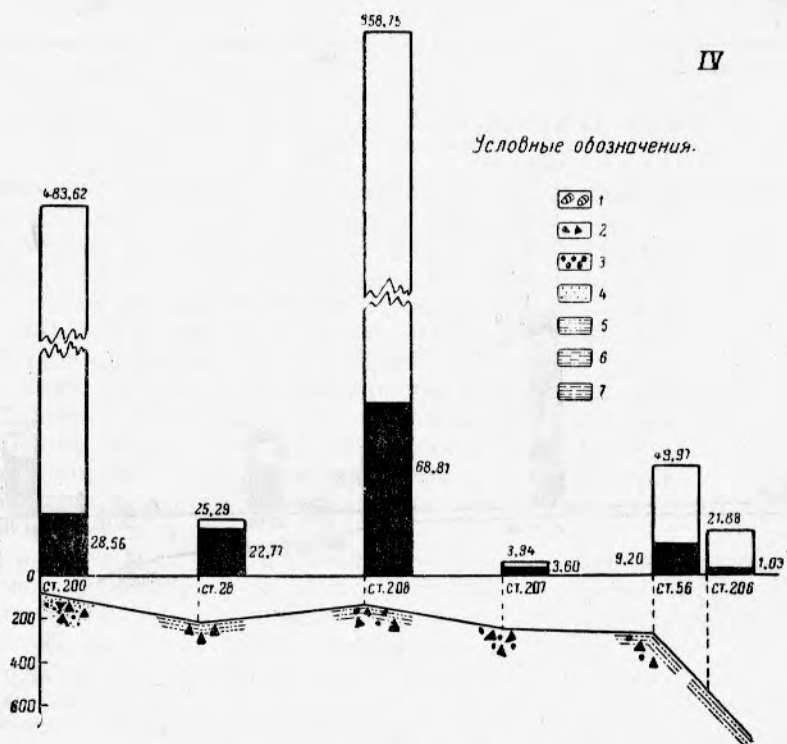
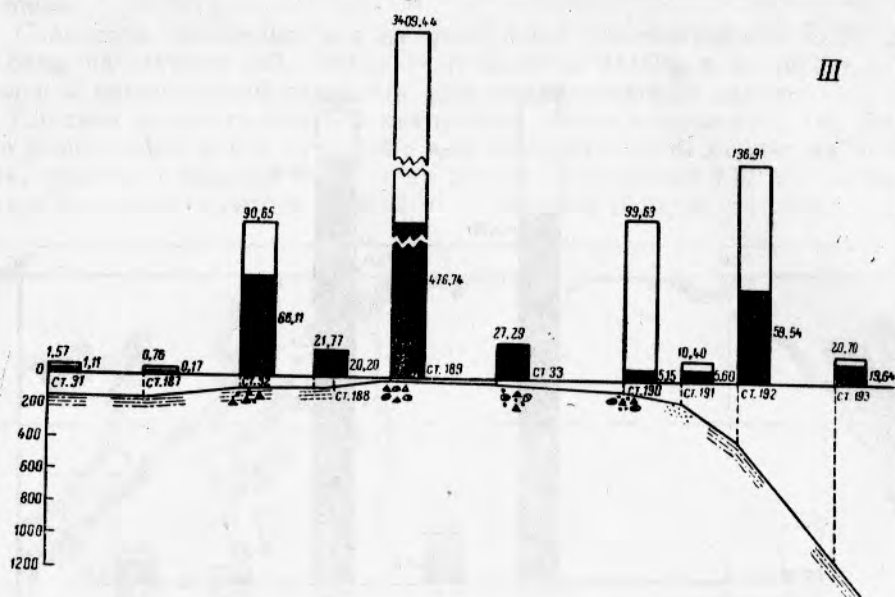


Рис. 2. Количественное распределение бентоса на разрезах, приведенных на рис. 1. Столбики показывают величину общей биомассы, заштрихованная часть — кормовой. Рельеф и грунты (по данным Д. Е. Гершановича и В. С. Бортникова, собранным на экспедиционном судне «Первенец»): 1 — валуны; 2 — галька; 3 — гравий; 4 — песок; 5 — илистый песок; 6 — песчаный ил; 7 — ил.

общей биомассы составляют животные, безвыборочно заглатывающие грунт, среди которых преобладает *Ctenodiscus crispatus*, и около 30% составляют животные, собирающие детрит с поверхности грунта, среди которых преобладают *Mascoma* sp. и *Ophiura sarsi*. На ст. № 173 доминируют формы, собирающие детрит с поверхности грунта: *Ophiura leptoctenia*, *Laonice cirrata*, *Onuphis conchylega*, *Terebellidae*, а на ст. № 174 — *Amphioplus macraspis*, на ст. 175 — различные офиуры, на ст. 176 — *Ampharete acutifrons*.

На разрезе III, проходящем южнее о-ва Кадык и пересекающем банку Альбатрос, прибрежные станции (ст. № 31 и 187) расположены на заиленных песках, биомасса бентоса здесь очень мала и состоит из разнообразных полихет, что, очевидно, следует объяснить наличием H_2S . На ст. № 32 (банка Альбатрос) грунты жесткие, около 60% биомассы здесь составляют фильтраторы *Astartidae* и *Balanidae*; на ст. № 188 на песке преобладают безвыборочно заглатывающие грунт полихеты: *Travisia*, *Artacama proboscidea*, *Nicomache lumbricalis* при довольно большом количестве фильтраторов *Venericardia*, *Cardium*, *Hydroidea*. На ст. № 189 на валунах и гальке 90% биомассы составляют фильтраторы *Bryozoa*, *Actiniaria*, *Spongia*, *Saxicavidae*, *Ostreidae*, *Sabelliariidae*, *Serpulidae*. На ст. № 33 найдена только крупная голотурция, на ст. № 190 также преобладают *Bryozoa*. На ст. № 191, расположенной на песке, преобладает безвыборочно заглатывающий грунт *Nicomache lumbricalis*.

Разрез IV проходит между о-вами Шумагина и о-вом Кадык. На самой прибрежной ст. № 209 80% биомассы составляет *Modiolus* и 10% *Brachiopoda*, т. е. здесь резко преобладают фильтраторы; на ст. № 28, лежащей в понижении дна на заиленном грунте, преобладает безвыборочно заглатывающий грунт *Nicomache lumbricalis*. На ст. № 208, расположенной на повышении дна, 90% биомассы составляют фильтраторы *Ascidia*, *Modiolus* и *Spongia*. На ст. № 207 в понижении дна, преобладают разнообразные полихеты, в основном безвыборочно заглатывающие грунт. На ст. № 56 и 206 и заиленной гальке и илистом песке 80% биомассы составляет безвыборочно заглатывающий грунт *Bryaster*.

При сопоставлении четырех рассмотренных выше разрезов видно, что разрез I резко отличается от остальных тем, что здесь преобладают животные, собирающие детрит с поверхности грунта и безвыборочно заглатывающие грунт. Очевидно, что этот район отличается очень малой подвижностью придонных вод, что способствует интенсивному осадкообразованию. На остальных разрезах грунты на шельфе в основном жесткие, что способствует развитию здесь хорошо выраженной зоны преобладания животных, фильтрующих seston из придонного слоя воды. С увеличением глубины уже на склоне появляются мягкие грунты и на них — зоны преобладания животных, собирающих детрит с поверхности грунта и безвыборочно заглатывающих грунт.

Из приведенных выше данных следует, что трофическая зональность в распределении донной фауны и ее зависимость от распределения донных отложений, выявленная в ряде районов Мирового океана [4,5,7], хорошо выражены и в зал. Аляска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Г. М. Количественное распределение донной фауны в северо-западной части Берингова моря. Тр. Ин-та океанол. Т. 34, 1960.
2. Кузнецов А. П. Кормовые поля камбал в Кроноцком заливе. «Рыбное хозяйство» № 1, 1958.
3. Нейман А. А. Кормовая база донных рыб в восточной части Берингова моря «Рыбное хозяйство» № 10, 1960.

4. Нейман А. А. Некоторые закономерности количественного распределения бентоса в Беринговом море. «Океанология». Т. 1, № 2, 1961.
 5. Соколова М. Н. Распределение группировок (биоценозов) донной фауны глубоководных впадин северо-западной части Тихого океана Тр. Ин-та океанол. Т. 30, 1960.
 6. Турпаева Е. П. Питание и пищевые группировки морских донных беспозвоночных. Тр. Ин-та океанол. Т. 7, 1953.
 7. Турпаева Е. П. Типы морских донных биоценозов и зависимость их распределения от абиотических факторов среды. Тр. Ин-та океанол. Т. 11, 1954.
 8. Филатова З. А. и Левенштейн Р. Я. Количественное распределение глубоководной донной фауны северо-восточной части Тихого океана. Тр. Ин-та океанол. Т. 45, 1961.
 9. Fleming R. Review of the oceanography of the Northern Pacific. Internat North. Pacific Fisheries Commission. Bull. № 2, 1955.
-

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

595.384.1 (265.2)

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕВЕТОК В ПРИБЫЛОВСКОМ РАЙОНЕ БЕРИНГОВА МОРЯ

Б. Г. Иванов

ВНИРО

Летом 1962 г. с 14 по 29 августа экспедиционная группа ТИНРО-ВНИРО на РТ «Адлер» обследовала район, примыкающий с запада к о-вам Прибылова, для изучения биологии и распределения креветок. Кроме автора, в сборе биологических и гидрологических материалов принимали участие сотрудники ТИНРО и Дальневосточной перспективной разведки М. Ю. Куликов, В. В. Федоров и Ю. К. Демиденко. Автор считает своим приятным долгом поблагодарить их за помощь в работе.

Для сбора данных о распределении и биологии креветок проводились контрольные траления капроновым 27,1-метровым сельдяным тралом с ячеей в крыльях 70 мм и в кутке — 14 мм, в кутковую часть тра-ла была вшита на 14 мм мелкая ячейная дель с ячейей 8 мм. Траления длились 1 час, скорость хода во время траления — 2,8 узла. Расстояние между тралениями было примерно 10 миль. Всего за 12 дней работы было сделано 87 тралений на глубине от 62 до 130 м (рис. 1).

Величина каждого улова креветок определялась визуально. Обычно при определении величины улова учитывались оценки нескольких человек, и надо сказать, что эти оценки разнились друг от друга незначительно (на 10—15%). Креветок измеряли для получения данных о размерном и возрастном составе популяций. Для этой цели бралась безвыборочно проба, из которой измерялось обычно 100 креветок. Всего было измерено около 1200 шт. из 12 уловов. Иногда (особенно в плохую погоду) из уловов бралась безвыборочная проба и фиксировалась для измерений и взвешивания в лабораторных условиях. В полевых условиях пол креветок с достоверностью мы могли определить только у самок, которые резко отличаются от ювенильных, самцов и переходных особей сине-зеленой окраской икры, прикрепленной к плеоподам или просвечивающей сквозь карапакс. При промерах обращалось внимание на состояние панциря и зараженность креветок паразитическими изо-подами.

Исследованный нами участок берингоморского шельфа в районе о-вов Прибылова сравнительно мелководен, со спокойным рельефом дна, которое полого наклонено к юго-западу примерно до глубины

150 м, после чего уклоны возрастают и начинается материковый склон. Наши работы велись только на шельфе, и траления глубже 130 м из-за падения уловов с продвижением в сторону свала не проводились. Большая часть дна исследованной акватории занята мягкими грунтами — песчаным илом и илистым песком. Лишь в районе склона встречаются песок, галька и даже выходы коренных пород. От о-вов Прибылова в направлении о. Нунивак тянется полоса песков [2]. Дно для тралений в исследованном районе чрезвычайно благоприятно, за время работ только один раз (трал № 463) был порыв трала.

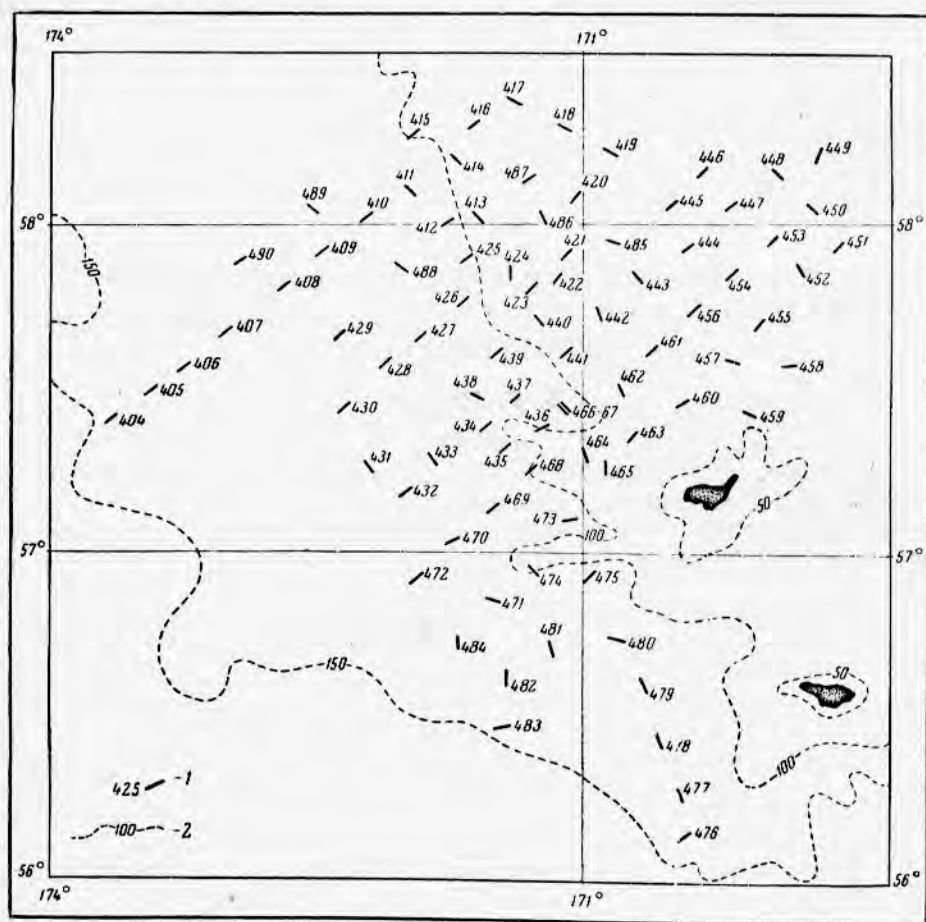


Рис. 1. Расположение и номера тралений, сделанных на РТ «Адлер» с 17 по 29 августа 1962 г.:

1 — место и направление траления; 2 — изобаты.

Придонные изотермы приведены на рис. 2. В северо-восточной части исследованной акватории хорошо выражен слой остаточного зимнего охлаждения с температурой ниже 0° , который соприкасается с дном на глубине 70—75 м и сохраняется в течение всего лета [4]. Стабильность его существования подтверждается распространением комплекса холодноводных донных форм [5]. Эта холодноводная зона оказывает существенное влияние на распределение креветок.

Район максимального прогрева окаймляет о-в Св. Павла; температура у дна на глубине 62 и 76 м на ближайших к острову станциях была соответственно $5,12^{\circ}$ и $5,09^{\circ}$. Нам кажется, что такая высокая температура обусловлена интенсивным перемешиванием вод в районе остро-

ва, благодаря чему нагретые поверхностные воды могут оказывать у о-ва Св. Павла большее влияние на придонные слои, чем в открытом море.

В центральной части исследованной акватории намечается зона несколько более теплых вод. Температура здесь, правда, лишь на сотые доли градуса превышает $+3^{\circ}$ и резкого температурного градиента не наблюдается. Эта зона языком тянется со стороны материкового склона и, возможно, указывает на подток западной о-вов Прибылова теплых глубинных вод в сторону шельфа.

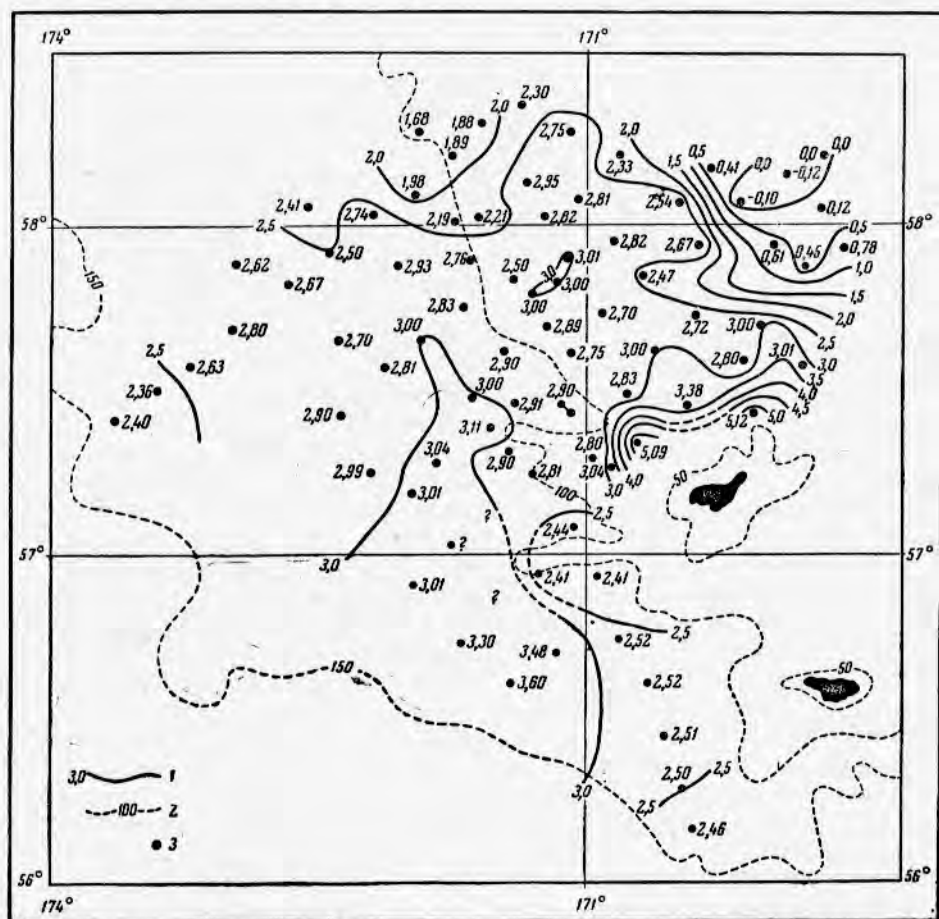


Рис. 2. Распределение температуры в придонных слоях воды западной о-вов Прибылова с 17 по 29 августа 1962 г.:

1 — изотермы; 2 — изобаты; 3 — точки измерений температуры.

Из креветок, отмеченных нами на исследованной акватории, по количеству резко преобладал северный шримс — *Pandalus borealis* eous Makarow, который является единственным видом, встречающимся в данном районе в промысловом количестве. Кроме него, в тралах часто встречался *Crangon* sp. и *Nectocrangon* sp. изредка креветки сем. Hippo-litidae и в одном трале *Pandalopsis dispar*.

Хотя трал не является орудием количественного сбора, данные об уловах могут дать картину относительного количественного распределения, несмотря на невозможность получения абсолютных цифр.

Северный шримс встречался повсеместно на всей исследованной акватории. Только в уловах от трех тралений этот вид не был обнаружен

(рис. 3). Уловы креветок колебались от единичных особей до 6 ц. Как видно на рисунке, наиболее высокие и устойчивые уловы наблюдались к западу от о-ва Св. Павла. В этом районе уловы состояли практически только из креветок — прилов рыб и беспозвоночных (в основном *Chionoecetes opilio*) был ничтожен. Уловы шримса с большим приловом наблюдались в северо-западном районе. Вообще обращает на себя внимание тот факт, что большие уловы шримса содержат очень незначитель-

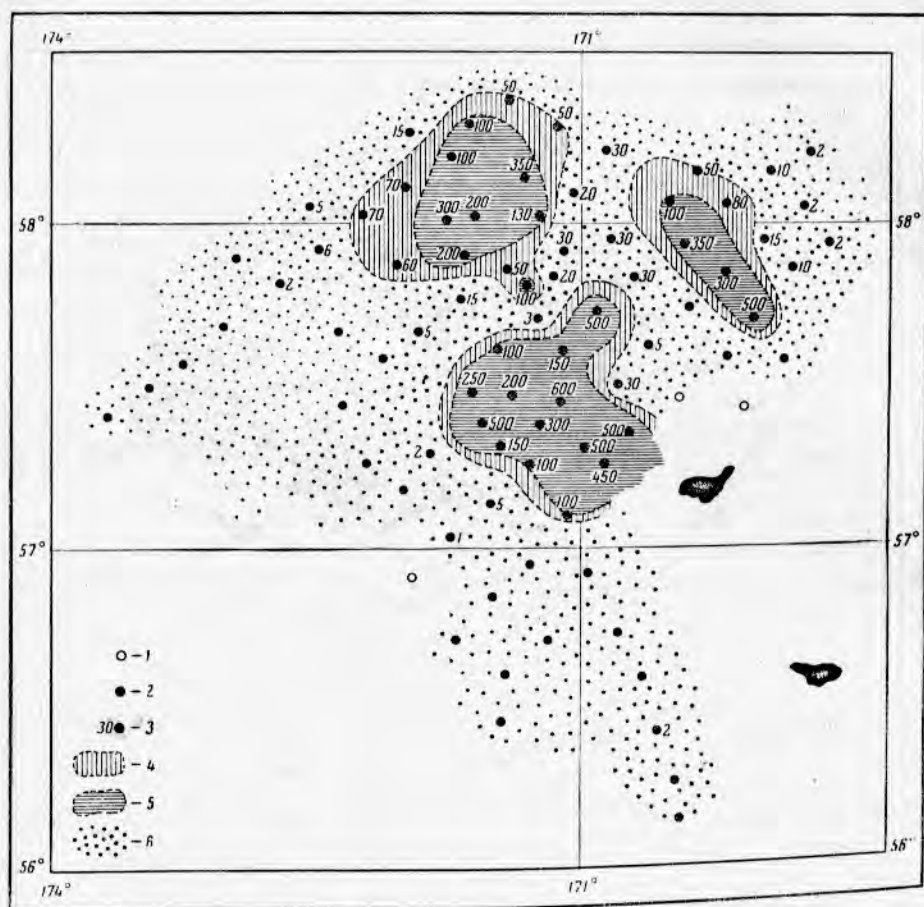


Рис. 3. Распределение уловов *P. borealis* в районе о-вов Прибылова с 17 по 29 августа 1962 г.:

1 — *P. borealis* не обнаружен; 2 — единичные особи; 3 — величина уловов (в кг); 4 — район с уловами от 50 до 100 кг/час; 5 — район промысловых скоплений креветок (более 100 кг/час); 6 — распространение.

ную примесь рыб и беспозвоночных. Наиболее часто в прилове при таких уловах встречается минтай, который не питается шримсом, и, реже, молодь белокорого палтуса, в питании которого креветки занимают видное место.

Промысловые уловы шримса (минимальный промысловый улов мы приняли равным 1 ц) приходится на глубины 70—100 м (наиболее часто в диапазоне 85—100 м; из 27 промысловых уловов только 6 не попали в этот диапазон). Вследствие очень малых уклонов дна область, приходящаяся на глубины 85—100 м, занимает очень большую площадь, но далеко не всегда в этом диапазоне уловы достигают промысловой величины.

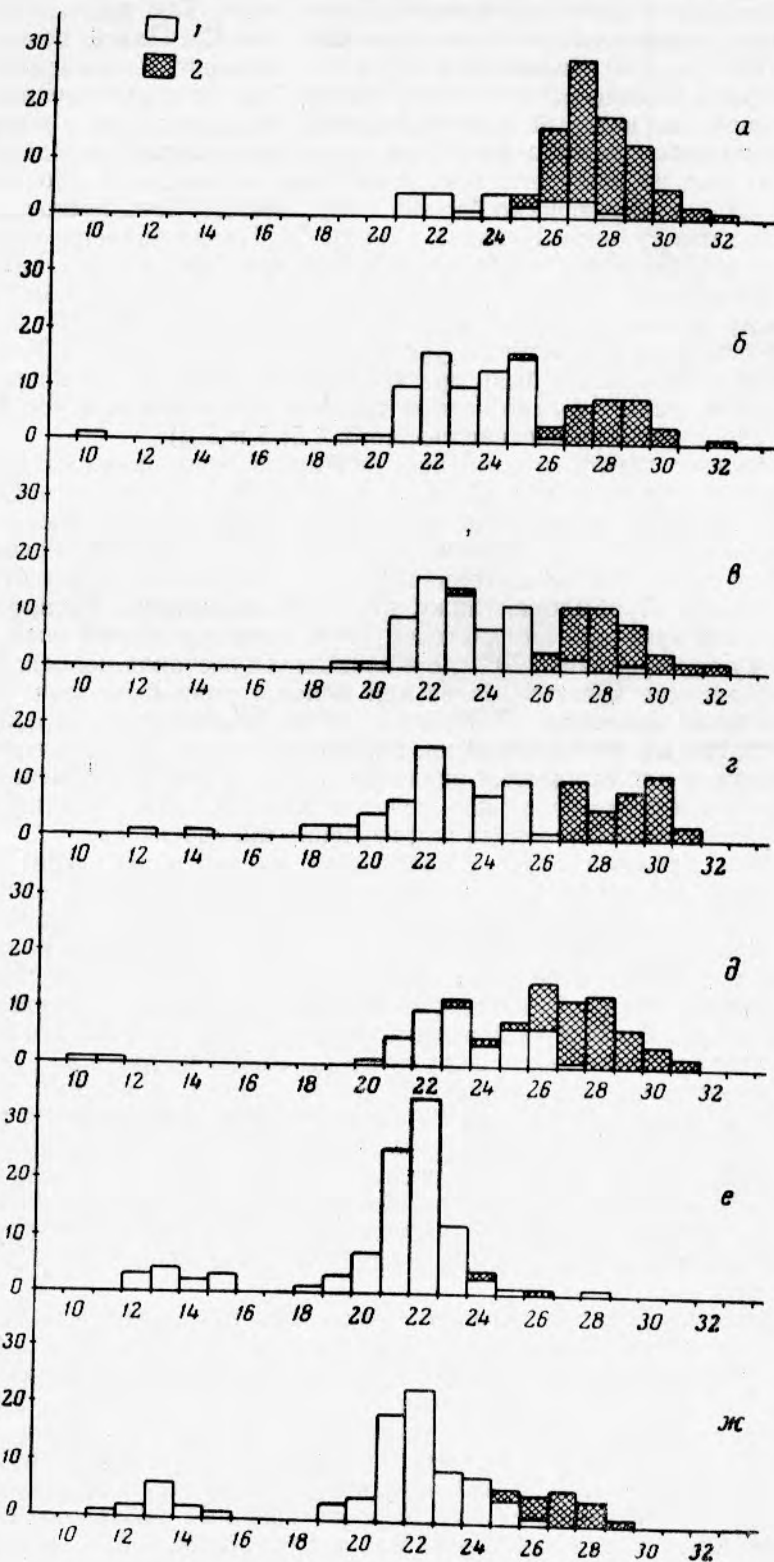
Полученные материалы указывают на существование некоторой связи распределения шримса с температурой воды. Так, в северо-восточной части исследованной акватории, севернее о-ва Св. Павла, резкое снижение температуры придонных слоев приводит к снижению уловов. Этот факт хорошо согласуется с некоторыми чертами биологии северного шримса, который хотя и является по своему распространению арктическо-бореальным видом, но преимущественно придерживается теплых вод, не подвергающихся зимнему охлаждению (по некоторым авторам — субарктическо-бореальный). Поэтому зона постоянно холодных вод между о-вом Нунивак и о-вом Св. Павла является неблагоприятным местом для его обитания, что и приводит к снижению уловов. Однако строгой приуроченности скоплений креветок к узкому температурному диапазону не обнаруживается. Промысловые уловы креветок были отмечены при температуре воды у дна от 1,49 до 5,09°. Наиболее часто большие уловы были при температуре 1,88—3°. За пределы этого диапазона вышло только четыре траления (при температуре 1,49; 3,04; 3,11; 5,09 с уловами соответственно 3; 4,5; 5 и 5 ц).

Характер грунта, несомненно, оказывает очень большое влияние на распределение креветок [2, 7, 10, 11, 15, 16]. *P. borealis* предпочитает мягкие грунты (ил, песчанистый ил, илистый песок), в районах, примыкающих к свалу, где увеличивается жесткость грунтов, креветки держатся в разреженном состоянии. Полоса песков, тянущаяся от о. Нунивак к о-вам Прибылова, также, вероятно, лимитирует распространение скоплений креветок. Показателем этого является резкий спад уловов к востоку от меридиана 170°, где и начинается песчаная полоса. Вероятно, распределение креветок более или менее в равной степени зависит от нескольких факторов. Возможно, такие обобщенные характеристики грунта, как ил, песчанистый ил, илистый песок и т. д. окажутся недостаточными, и для выявления значения грунта в распространении шримса потребуются более детальное изучение механического состава, содержания органического углерода или изучение микробентоса.

Наши работы совпали с периодом откладки икры у креветок. Многие самки еще не отложили икру на плеоподы и имели «внутреннюю икру» (самки head roe [11]), другие — носили икру на плеоподах (самки ovigerous). У некоторых самок яйца уже находились в половых протоках и откладывание икры, следовательно, должно было произойти в ближайшее время. У некоторых самок с отложенной икрой панцирь был мягкий. Возможно, перед откладыванием икры самки линяют и затем уже без линек носят икру до весны следующего года.

Самки с икрой на плеоподах по отношению к общему количеству самок составляли 18—51%. Вероятно, период откладывания икры приходится на август — первую половину сентября, причем наиболее интенсивно этот процесс происходит в конце августа. Среди молодых, т. е. мелких самок, процент особей с отложенной икрой был выше, чем среди крупных самок. Это заставляет предполагать, что крупные и, следовательно, старые самки в среднем откладывают икру позже, чем мелкие.

Данные промеров позволяют выделить три типа популяций креветок по преобладанию особей разных размерных групп (рис. 4). В первом типе наблюдается резкое преобладание самок, т. е. крупных креветок. Так, в трале № 411 самки составили 78% по количеству особей. Средний размер особей в этом трале по длине карапакса (от края глазной впадины до заднего бокового края) — примерно 27 мм. Во втором типе (тралы № 433, 434, 454), напротив, преобладают мелкие креветки в основном самцы. В улове трала № 433 самки составляли только 2%, в трале № 434 — 17%, в трале № 454 — 8%. Средний размер креветок в трале № 433 по длине карапакса был 21 мм. Такое резкое различие в размерном составе уловов шримса наводит на мысль



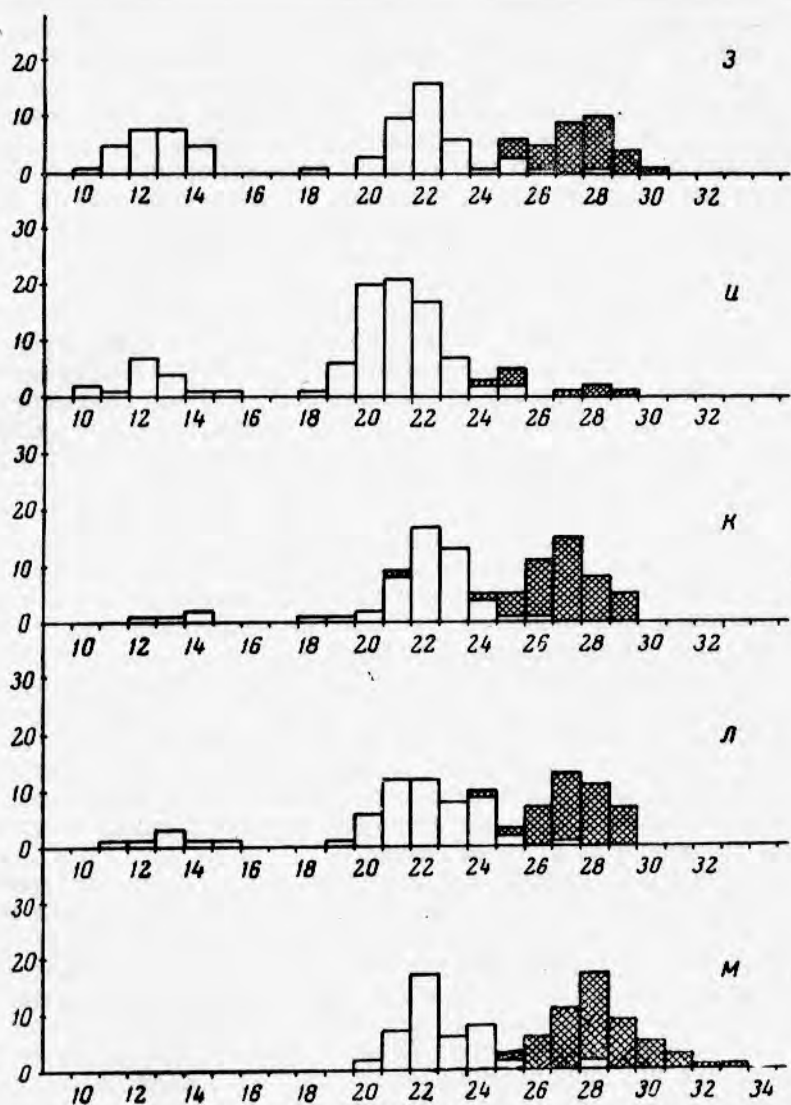


Рис. 4. Размерный и половой состав креветок в траловых уловах в августе 1962 г.:

1 — самцы, ювенильные особи; 2 — самки; а — трал № 411, б — трал № 412, в — трал № 413, г — трал № 424, д — трал № 425, е — трал № 433, ж — трал № 434, з — трал № 442, и — трал № 454, к — трал № 463, л — трал № 466, м — трал № 486.

о некоторой обособленности мест обитания крупных и средних креветок. Это несколько неожиданно, так как в период размножения самцы и самки должны находиться вместе. На некоторую изолированность мест обитания мелких и крупных креветок в скоплениях, располагающихся в прибрежной зоне, имеется ряд указаний [9, 10, 19]. Наши данные позволяют считать, что эта черта биологии *P. borealis* сохраняется и при образовании концентраций в открытом море.

Третий тип популяций (тралы № 412, 413, 424, 425, 442, 463, 466, 486) встречается наиболее часто и характерен наличием мелких и крупных креветок. В этих тралах самки составляют 30—50% общего количества особей и это более соответствует той картине, которую мы предполагали увидеть во время сезона размножения.

Анализ диаграмм, характеризующих размерный состав уловов, обнаруживает в общем три пика, вершины которых приходятся на особей с длиной карапакса 12—14 мм, 21—22 мм и 27—28 мм. В некоторых уловах (трал № 411, 433) на диаграмме размерного состава можно обнаружить лишь один или два пика, однако вершины этих пиков также приходятся на какие-либо указанные размерные группы. Первую группу (креветки с L_K 10—15 мм) с уверенностью можно считать состоящей из ювенильных особей. Эти креветки выловились весной прошлого года и, следовательно, имеют возраст примерно полтора года. Вторая группа состоит главным образом из самцов. Средний возраст особей этой группы, по-видимому, 2,5 года.

Третья группа состоит главным образом из самок и имеет средний возраст 3,5 года. Следовательно, можно сделать вывод, что *P. borealis* в Прибыловском районе созревает и первый раз участвует в размножении в основном в 2,5 года. На следующий год во время сезона размножения, т. е. в возрасте 3,5 года, большинство креветок первый раз функционируют как самки, но небольшая часть — второй раз как самцы. В возрасте 4,5 года все креветки, вероятно, уже становятся самками.

Поскольку районы преобладания мелких и крупных креветок могут занимать большие площади, с точки зрения промысла очень важно определить эти районы и стабильность их существования. Следует указать, что пригодная для исследовательских целей дель с ячейей в кутке 8 мм не пригодна для промысла, так как она удерживает значительное количество креветок непромыслового размера.

Очень важной характеристикой для промысла является процент креветок с мягким панцирем, так как из них получается продукция невысокого качества. По нашим данным, особи с мягким панцирем обычно составляли 1—8%. Таким образом, в августе интенсивность линьки довольно умеренная. Это в какой-то мере является следствием того, что откладывание икры в это время очень интенсивно, а самки с икрой на плеоподах не линяют до будущей весны.

В литературе о *P. borealis* неоднократно указывалось на суточные вертикальные миграции [10, 11, 13]. Взрослые особи *P. borealis* ночью неоднократно попадали в сети в толще воды на значительном удалении от дна. Норвежские рыбаки [10] указывают на снижение уловов ночью из-за подъема креветок в толщу воды. Для проверки этой черты биологии креветок, очень важной для промысла, мы провели два траления в одной точке днем и ночью (трал № 466 и 467). Чтобы устранить возможные ошибки при определении места судна, РТ «Адлер» после первого траления был заякорен при помощи траловой доски с длиной ваера 500 м (глубина 88 м). Из-за штиля дрейфа почти не было. Траления проводились встречными курсами в 10—11 часов и 0—1 час. В обоих случаях было выловлено 6 ц креветок. Уловы были очень «чистыми». Кроме креветок, в улове были *Paralithodes platypus*, *Chionoecetes opilio* и очень немного молодежи минтая.

Одинаковые уловы днем и ночью подвергают сомнению предположение о массовой вертикальной миграции. *P. borealis* в толщу воды ночью (подъем незначительной части особей, если он был, конечно, вряд ли мог заметно изменить величину улова). На РТ «Адлер» траления велись круглосуточно, но тенденции снижения уловов ночью нами не было замечено. Имеющиеся наблюдения, однако, слишком малочисленны, чтобы утверждать отсутствие вертикальных суточных миграций.

При промерах креветок мы встречали особей, зараженных паразитическими изоподами, располагающимися в жаберной полости креветок. Зараженность креветок не превышала 3%. Заражены были только особи средних размеров, т. е. самцы.

Прибыловский район Берингова моря является, пожалуй, единственным в мире районом в открытом море (ближайшая суша представ-

ляет небольшие о-ва Св. Павла и Св. Георгия), где креветки *P. borealis* образуют скопления, позволяющие добывать сотни тысяч центнеров шримса. Промысел *P. borealis* интенсивно ведется во многих странах Европы и Северной Америки. Районы промысловых скоплений *P. borealis* располагаются во фьордах Норвегии, Гренландии, северо-западной Исландии, в проливе Скагеррак, заливах и бухтах Аляски и Британской Колумбии. В меньших количествах *P. borealis* имеется в фьордах Шпицбергена, у берегов Великобритании и в Ньюфаундлендском районе [7, 9, 10, 12, 14, 17, 18, 19]. Хотя *P. borealis* широко распространен в Северном и Баренцевом морях, промысловые скопления здесь, вдали от берегов не обнаружены [6, 7]. Кроме Прибыловского района, только скопление восточней о-вов Шумагина (зал. Аляска) расположено на значительном удалении от берега [2, 3], но запасы креветок здесь значительно меньше, чем в районе о-вов Прибылова.

Освоение запасов креветок Берингова моря уже началось [8]. В 1961 г. японские рыбаки выловили в Беринговом море 104 тыс. ц шримса, причем большая часть этого количества выловлена в районе о-вов Прибылова. Большая часть вылова приходится на плавбазы «Эйнин-мару» (6769 т шримса) и «Синьо-мару» (2424 т). В 1962 г. Рыболовное агентство Японии выдало лицензии на лов шримса в Беринговом море четырем плавбазам. Эти суда в 1962 г. должны были выловить согласно лицензии 17564 т шримса («Эйнин-мару» — 7620 т «Кайко-мару» — 4400 т, «Къёкко-мару» — 1444 т и «Чичибу-мару № 2» — 4100 т). При промысле креветок японцы применяют близнецовый лов с продолжительностью траления 2—3 час и даже больше. Основной метод сохранения уловов — консервирование, иногда («Къёкко-мару» и «Чичибу-мару» № 2) замораживание. Общий вылов креветок японскими судами в 1962 г. в Беринговом море почти вдвое превышает вылов 1961 г., причем основным районом лова остается Прибыловский район.

Советские суда также отмечают большие уловы шримса в Прибыловском районе. Уловы здесь доходили до 15 ц/час [1] и даже 100 ц и более (по сообщению В. А. Скалкина). К сожалению, в последнем случае время траления осталось неизвестным. Получить сравнимые данные об уловах креветок в различных районах земного шара трудно из-за различий в орудиях и методах лова, но абсолютные значения уловов креветок в районе о-вов Прибылова являются, вероятно, рекордными в мире. В Беринговом море креветки являются одним из важнейших промысловых объектов и их промысел нужно развивать.

Обилие креветок в районе о-вов Прибылова является следствием благоприятного гидрологического режима и наличия мягких грунтов. Мы считаем, что факторы, способствующие образованию промысловых скоплений рыб [4], имеют значение и для креветок. Западной о-вов Прибылова, по нашему мнению, важнейшее значение имеет выход на шельф теплых глубинных вод и местные круговороты, препятствующие уносу личинок в неблагоприятные для обитания креветок районы моря.

ВЫВОДЫ

1. Промысловые скопления западной о-вов Прибылова образует только *Pandalus borealis* eous Моканов. Уловы этого вида колебались от штучных до 6 ц. Наиболее высокие уловы были в районе, примыкающем с запада к о-ву Св. Павла (см. рис. 2). Наиболее часто промысловые уловы были на глубине 85—100 м при температуре воды в придонных слоях 1,8—3°. Дно в исследованном нами районе занято в основном мягкими грунтами и очень благоприятно для траления.

2. Прибыловский район является районом, где креветки *P. borealis* образуют большие скопления в открытом море. Абсолютные значения уловов креветок в районе о-вов Прибылова являются, видимо, рекорд-

ными в мире. В Беринговом море креветки — один из важнейших объектов лова. Обилие креветок в Прибыловском районе — следствие благоприятного гидрологического режима (отепляющее действие глубинных вод и местные круговороты, препятствующие уносу личинок в другие районы моря) и наличия мягких грунтов.

3. Откладывание икры у креветок данного района приходится на август — первую половину сентября. Более крупные самки в среднем откладывают икру, видимо, позже, чем мелкие. Промеры свидетельствуют о некоторой обособленности мест обитания популяций крупных и мелких креветок. Средний размер креветок (длина карапакса) в уловах колебался от 21 до 27 мм. В Прибыловском районе *P. borealis*, вероятно, созревает и первый раз участвует в размножении в качестве самца в возрасте 2,5 года. В 3,5 года большинство креветок первый раз функционируют в качестве самок, но небольшая часть — второй раз в качестве самцов. Особи с мягким панцирем в период нашей работы по количеству обычно составляли 1—8%. Одинаковые уловы в одной точке днем и ночью ставят под сомнение правильность мнения о существовании массового подъема креветок ночью в толщу воды. Однако наши наблюдения слишком малочисленны, чтобы утверждать отсутствие массовых вертикальных миграций. Эти работы нужно продолжать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ануфриев В. М. Новый район промысловых скоплений креветки. «Рыбная промышленность Дальнего Востока» № 3, 1961.
2. Иванов Б. Г. Скопления креветок в западной части Аляскинского залива. «Рыбное хозяйство» № 1, 1962.
3. Иванов Б. Г. Некоторые данные о биологии креветок западной части залива Аляска. Труды ВНИРО. Т. 48. Известия ТИНРО. Т. 49, 1963.
4. Натаров В. В. О водных массах и течениях Берингова моря. Труды ВНИРО. Т. 48. Известия ТИНРО. Т. 49, 1963.
5. Нейман А. А. Количественное распределение бентоса на шельфе и верхних горизонтах склона восточной части Берингова моря. Труды ВНИРО. Т. 48. Известия ТИНРО. Т. 49, 1963.
6. Паленичко З. Г. Распределение и биология креветки в Баренцевом море. «Зоологический журнал». Т. 20. Вып. 3, 1941.
7. Allen J. A. On the biology of *Pandalus borealis* Kroyer, with reference to a population of the Northumberland Coast. J. Mar. Biol. Ass. U. K., vol. 38, № 1, 1959.
8. Commercial Fisheries Review, vol. 23, № 7, 8, 11, 1961; vol. 24, № 1, 3, 8, 1962.
9. Greenwood M. Shrimp exploration in Central Alaskan Waters by M/V John N. Cobb, July—August 1958. Commercial Fisheries Review, vol. 20, № 7, 1959.
10. Hjort and Ruud. Deep-sea prawn fisheries and their problems. Hvalradets Skrifter. Det norske Videnskaps akademi i Oslo. № 17, 1938.
11. Horsted S. A. and E. Smidt. The Deep-sea prawn (*Pandalus borealis* Kr.) in Greenland Waters. Meddelelser fra Danmarks Fiskeri og Havundersøgelser. Ny Serie. Bind 1, № 11, 1956.
12. Johnson H. C. King crab, shrimp, and bottom fish exploration conducted in certain waters from Shumagin Islands to Unalaska, Alaska, by M/V. Tordenskjold — Summer and Fall, 1957. Commercial Fisheries Review. Vol. 21, № 3, 1959.
13. Nansen F. Blant sel og bjorn. 1924.
14. Poulsen E. M. Investigations on the Danish Fishery for, and the biology of the Norway lobster and the deep-sea prawn. Report of the Danish Biological Station, № 48, 1946.
15. Rasmussen B. Om dypvannsreken ved Spitzbergen. Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersøkelser, Vol. 7, № 4, 1942.
16. Rasmussen B. Trekk fra dypvannsrekens biologi i norske kystfarvann. I. Vigråfjorden. Møre. Fiskeridirektoratets Skrifter. Serie Havundersøkelser. Vol. 8, № 2, 1945.
17. Smidt E. Deep-sea prawn fishery in Greenland Waters. International Council for the Exploration of the Sea. Special Meeting on crustacea, № 1, 1962.
18. Squires H. J. Shrimp survey in the Newfoundland fishing area, 1957—1958. Bull., Fisheries Res. Board of Canada, № 129, 1961.
19. Wathne F. and H. C. Johnson. Shrimp exploration in Central Alaskan Waters by the M/V John N. Cobb, October—November 1959. Commercial Fisheries Review. Vol. 23, № 1, 1961.
20. Wollebaek A. Raeker og Raekefiske. Aarsber. vedk. Norges Fiskerier for 1903, № 2, 1903.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ
к книге «Советские рыбохозяйственные исследования
в северо-восточной части Тихого океана»

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
56	14 снизу	условная вертикальной стенки	условная вертикальная стенка
60	19 снизу	исключениям	искажениям
83	7 сверху	к северо-восточной	к северо-западной
83	8 сверху	на юго-западе	на юго-востоке
113	22 снизу	14 мм	14 м
175	Подпись под рис. 4	А — возраст 9 +; Б — возраст 3 +	А — возраст 3 +; Б — возраст 9 +
176	Подпись под рис. 5, 10 сверху	в — зависимости	б — зависимости
191	Таблица 10, 3 снизу	10	100
196	Подпись под рис. 10	а — июнь — сентябрь	а — июнь — сентябрь 1957 г.
244	13 сверху	или первый, чаще второй	или первый, реже второй
246	29 снизу	по-видимому, был, а большая часть	по-видимому, была большая часть

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

593.9(265.2)

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИГЛОКОЖИХ НА ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

Б. Г. Иванов
ВНИРО

Фауна иглокожих Берингова моря до сих пор слабо изучена в количественном отношении. Качественный состав этой группы донного населения восточной части шельфа Берингова моря был изучен американскими авторами главным образом по материалам экспедиционного судна «Альбатрос» [18, 25, 26, 28, 29 и т. д.].

Большой вклад в изучение иглокожих внесли советские исследования. Интересный материал был собран в западной и северной частях Берингова моря в результате работ Тихоокеанской экспедиции 1932—1933 гг., организованной ТИНРО и Государственным гидрологическим институтом, под руководством проф. К. М. Дерюгина. Ценные данные о фауне иглокожих были получены благодаря исследованиям Берингова моря, проведенным Институтом океанологии АН СССР в 1950—1952 гг. на экспедиционном судне «Витязь». Однако работы «Витязя», так же как и исследования судов Тихоокеанской экспедиции, охватывали только западную, прилегающую к советским берегам, часть моря. Материалы, собранные этими экспедициями, а также данные некоторых ученых обработаны А. М. Дьяконовым [7, 10—12], Т. С. Савельевой [22, 23] и З. И. Барановой [1, 2]. Кроме того, иглокожие Берингова моря рассматриваются в определителях и в работах по зоогеографическому анализу фауны дальневосточных морей [8—16].

С 1958 г. в Беринговом море работает экспедиция, организованная ТИНРО и ВНИРО. Гидробиологи — участники экспедиции в 1958—1959 гг. провели обширные исследования, позволяющие количественно охарактеризовать бентос восточной части моря. Нами были обработаны иглокожие, собранные во время летних рейсов на экспедиционном судне «Жемчуг» (1958 г.) и «Первенец» (1959 г.)*. Мы располагали данными приблизительно 260 количественных дночерпательных станций и 47 траловых проб. Имеется ряд работ по бентосу северо-западных [3, 5, 6, 17, 19] и лишь немного статей о восточных районах [20; 21].

В сводке Барановой [2] для Берингова моря указывается 188 видов и 5 подвидов иглокожих, принадлежащих к 87 родам и 41 семейству. В ре-

* Методика взятия проб приведена в статье А. А. Нейман [20].

зультате нашей работы число известных для Берингова моря видов следует увеличить до 193. Кроме того, получены некоторые новые данные о распространении отдельных видов в Беринговом море.

Ниже мы приводим местонахождения встретившихся нам видов с указанием номера станции, судна и года работы. В сомнительных случаях (очень мелкие и поврежденные экземпляры) номер соответствующей станции дается с вопросительным знаком. Расположение дочерепательных станций приведено на рис. 1.

КЛАСС ASTEROIDEA ОТРЯД PHANEROZONIA

Сем. PORCELLANASTERIDAE

Ctenodiscus crispatus (Retzius)

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., траление на станции № 44, 159, 160, 161, 162, 170, 209, 212; «Первенец» 1959 г., станции № 33, 104, 105, 106, 136, 165, 191 (глубины 99—140 м; песок, илистый песок, песчаный ил, ил). Станции располагаются западнее и юго-западнее о-ва Св. Матвея и юго-восточней о-вов Прибылова. В этих же районах этот вид отмечает Фишер [28].

ОТРЯД SPINULOZA

Сем. SOLASTERIDAE

Solaster dawsoni Verrill

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., траление на станции № 55 (район о-вов Прибылова; глубина 150 м; гравий, галька; 1 экз.).

Crossaster papposus (L)

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., траление на станции № 102 (близ о-ва Св. Матвея; глубина 60 м; гравий, галька; 1 экз.).

Сем. PTERASTERIDAE

Pteraster obscurus (Perrier)

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г. (Анадырский залив; глубина 75—83 м; песок; 1 экз.).

Diplopteraster multipes (Sars)

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., траление на станции № 236; «Первенец» 1959 г., траление на станции № 59 (западней о-ва Св. Георгия. Фишер [28] также отмечает его в этом районе; глубина 173 м; илистый песок; 2 экз.).

Сем. ECHINASTERIDAE

Henricia longispina Fisher

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., траление на станции № 55 (близ о-вов Прибылова; глубина 144 м; гравий, галька; 1 экз.).

Имеется единственное указание на нахождение этого вида в Беринговом море [28] у о-ва Атту на глубине 247 м, грунт — крупная щебенка. В районе о-вов Прибылова до сих пор не указывался. Это самое северное местонахождение вида.

Henricia tumida f. *borealis* Verrill (?)

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., траление на станции № 231; «Первенец» 1959 г., траление на станции № 55 (район о-вов Прибылова; глубина 65—144 м).



Рис. 1. Карта количественных бентосных станций Берингоморской экспедиции ТИНРО-ВНИРО 1958—1959 гг.: 1 — станции экспедиционного судна «Жемчуг», 1958 г.; 2 — станции экспедиционного судна «Пересвеец», 1959 г.

Наше определение звезд рода *Henricia* следует считать предварительным. Более точное определение их в соответствии с последней работой А. М. Дьяконова [16] будет проведено позже.

ОТРЯД FORCIPULATA

Сем. PEDICELLASTERIDAE

Pedicellaster magister Fisher (?)

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., траление на станции № 59 (юго-западнее о-вов Прибылова; глубина 178 м; илистый песок; 1 экз.).

Сем. ASTERIIDAE

Lethasterias nanimensis chelifera (Verrill)

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станция № 127 (Корякский берег), и траление на станциях № 39, 53 (Бристольский зал., восточнее о-вов Прибылова; глубина 68—98 м; илистый песок, песок, галька с илом; 3 экз.).

Asterias rathbuni Verrill

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станции № 194, 238, и траление на станции 228; «Первенец» 1959 г., станции № 84?, 85, 86?, траление на станциях № 39, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 53, 54, 59, 60, 72, 77, 78, 79, 83, 85, 89, 203, 221 (глубина 12—173 м; песок, илистый песок, песчаный ил). Обычна для Бристольского зала, побережья Аляски, о-вов Прибылова.

Leptasterias arctica Murdoch

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., траление на станции № 230; «Первенец» 1959 г., траление на станции № 78 (глубина 47—58 м; песок; 5 экз.).

Leptasterias hirsuta Djakonow

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., траление 1, 2 (Анадырский зал.; глубина 65—83 м; песок; 2 экз.).

Этот вид до сих пор не был обнаружен в Беринговом море. Он указан только для Охотского моря (Сахалинский зал., западное и северо-западное побережье).

Leptasterias groenlandica (Steenstrup)

Место обнаружения: *L. groenlandica* f. *groenlandica* (Steenstrup) — «Первенец» 1959 г., траление на станции № 151 (глубина 90 м; песчаный ил); *L. groenlandica* f. *cribraria* (Stimpson) — «Жемчуг» 1958 г., траление на станции № 231; «Первенец» 1959 г., траление на станции № 142 (глубина 65 м; песчаный ил, илистый песок).

Leptasterias polaris acervata (Stimpson)

В наших сборах имеются две формы этого вида: *L. polaris acervata* f. *acervata* (Stimpson) и *L. polaris acervata* f. *polytela* (Verrill).

Место обнаружения: *L. polaris acervata* f. *polytela* (Verrill) — «Первенец» 1959 г., траление на станциях № 50, 51, 52, 53, 54, 101, 142, 151 (район Анадырского зала, о-ва Св. Матвея восточней о-вов Прибылова; глубина 64—97 м; песок, песчаный ил, наиболее часто илистый песок); *L. polaris acervata* f. *acervata* (Stimpson) — «Первенец» 1959 г., траление на станциях № 45, 34 (близ о-ва Св. Матвея и у мыса Пирс; глубина 50—100 м; песок с галькой, илистый песок).

Для *L. polaris* характерно наличие двух игл на пластинках верхне-маргинального ряда в дистальной части луча. Однако среди наших экземпляров встречались особи с одной иглой. Это заставляет относиться с осторожностью к выделению близких видов.

КЛАСС ОРНИУРОИДЕА

ОТРЯД EURYALAE

Сем. GORGONOCEPHALIDAE

Gorgonocephalus caryi (Lyman)

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станции № 119, 127, 147?. Траление на станциях № 35, 47, 48, 49, 50, 53, 97, 102, 192, 221 (глубина 40—98 м; грунт: от гальки с гравием до ила).

ОТРЯД ОРНИУРАЕ

Сем. ORHIOCANTHIDAE

Ophiophthalmus normani (Lyman)

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станция № 184 (северней о-ва Уналашка; глубина 350 м; илистый песок; 13 экз.). В этом же районе этот вид отметил и Кларк [25].

Ophiophthalmus cataleimnoides (Clark)

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станция № 125 (южной мыса Наварин; глубина 425 м; галька с песком и илом; 1 экз.).

До сих пор был указан для Берингова моря только в районе Алеутских о-вов [25]. Для Азиатского побережья ранее не отмечался.

Сем. ORHIACTIDAE

Ophiopholis aculeata (L)

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станции № 165, 251 (банка Бауэрс). «Первенец» 1959 г., станции № 129, 130, 147, 288, траление на станциях № 53, 56 (глубина 37—175 м; песок, гравий; 20 экз.).

Ophiopholis pilosa Djakonov

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станции № 121, 126, 127, 156, траления на станциях № 55, 192 (глубина 90—225 м; илистый песок с гравием и галькой; 20 экз.).

Вид известен в южной части Охотского моря и Татарского пролива (Советская Гавань) [14]. В Беринговом море нами обнаружен впервые. Отмечен южной мыса Наварин, юго-восточней о-ва Св. Георгия, северней о-ва Унимак.

Сем. AMPHIURIDAE

Amphioplus macraspis (Clark H. L.)

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станции № 165, 170, 177, 179, 207, 208, 211, 212, 213; «Первенец» 1959 г., станции № 161, 184, 241 (глубина 128—588 м; песок, илистый песок, песчанистый ил, ил; 65 экз.). Часто встречался на свале глубин.

Amphiodia craterodmeta Clark

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станции № 153—158, 160—162, 164, 165?, 167, 169, 171, 173—176, 180, 181, 183—186, 199, 200, 202, 213—216, 235, 237, 239—242, 245; «Первенец» 1959 г., станции № 32, 34, 36, 37, 51?, 52, 55, 56?, 60—63, 65—67, 69—71, 76, 100, 101, 103—105, 107—109, 121, 122, 127, 131, 134, 135, 137, 154, 156, 161?, 163, 171, 173, 188, 190—192, 194?, 215, 235, 237—239. Чрезвычайно широко распространена по всей исследованной акватории (глубина 54—245 м; песок, илистый песок, песчанистый ил, ил; температура от —0,11 до +6,69°; 870 экз.).

Amphiura psilopora Clark

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станция № 163 (глубина 150 м; илистый песок; 1 экз.).

Как указывает З. И. Баранова [2], этот вид в Беринговом море известен только в бухте Провидения. Это вторая находка вида в Беринговом море. Указанная нами станция располагается у края шельфа юго-западной о-ва Матвея и юго-восточной мыса Наварин.

Amphiura sündevali (Müller et Troshel)

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станции № 119, 125—127, 144, 191.

Раньше этот вид был известен в Беринговом море лишь из его северо-западной части. Наши находки, за исключением станции № 191, не выходят за пределы известного ареала. Кроме того, найден нами в юго-восточном районе (ст. № 191), где ранее известен не был. Три экземпляра со станции № 127 приближались по характеру игол к *Amphiura beringiana* (глубина 65—425 м; грунт: галька, гравий, илистый песок; 14 экз.).

Amphiura beringiana Baranova

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станция № 121 (глубина 90 м; галька с илом; 22 экз.). Этот вид в Беринговом море ранее был отмечен только у мыса Сивучьего [2].

Сем. OPHIOLEPIDIDAE

Stegophiura nodosa (Lütken)

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станция № 149; «Первенец» 1959 г., станции № 84, 86, 87, 89, траление на станции № 142 (глубина 12—65 м; песок, илистый песок; 20 экз.).

Ophiura maculata (Ludwig)

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станции № 119, 121, 122, 127, 129—132, 144, 156 (Корякский берег; глубина 37—245 м; грунт: галька, гравий, гравий с песком, илистый песок; 692 экз.).

Ophiura sarsi Lütken

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станции № 155—158, 160, 169, 171, 173, 179?, 181?, 184, 185, 203, 205, 218, 219, 230, 231, 237, 239; «Первенец» 1959 г., станции № 35—37, 50, 51?, 53, 54, 56, 60?, 61—66, 71—75, 78, 79, 95, 103—105, 135—141, 150—152, 154, 156, 159, 165?, 171?, 177?, 191, 215, 217, 231, 235—237, 239?, траления на станциях 35, 50, 54, 55, 56, 63, 64, 66, 72, 77, 141, 142, 151. *O. sarsi* f. *vadicola* «Первенец» 1959 г., траление на станции № 221 (глубина 37—458 м, грунт: галька, гравий, песок, илистый песок, песчанистый ил, ил; температура — плюс 1,08—6,69°; 1900 экз.).

Ophiura leptoctenia Clark

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станции № 164, 165, 173, 174, 177, 178, 180, 207—210, 236?, 238?, 243?, 245, 246, 250. «Первенец» 1959 г., станции № 30, 59, 60?, 66, 67, 69, 70?, 109, 135, 156, 164, 165?, 171, 173, 174, 177?, 184, 238, 240, 241 (глубина 112—588 м; грунт: песок, галька, илистый песок, песчанистый ил, ил; температура плюс 3,2—4,13°; 1830 экз.).

Баранова [2] отмечает, что наиболее часто этот вид встречается на свале глубин. Приуроченность *O. leptoctenia* к нижним горизонтам сублиторали отмечают также Зенкевич и Филатова [17]. Наши данные подтверждают эти указания.

Ophiura quadrispina Clark

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станции № 126, 157 (глубина 225—400 м; песок, гравий, илистый песок, галька; 52 экз.).

Ophiopenia tetracantha Clark

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станция № 32? (северо-западной о-ва Унимак) и станции № 55 (вблизи о-ва Св. Георгия), станция № 235 (у о-ва Павла, глубина 77—144 м; илистый песок, гравий, галька; 4 экз.).

Ophiopenia disacantha Clark

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станция № 34, траление на станции № 31 (северней о-ва Унимак, глубина 100 м; песчанистый ил, илистый песок; 2 экз.).

Сем. OPHIODERMATIDAE

Toporkovia fragilis Diakonow-

T. antarctica (Lyman) *

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станции № 122, 125, 157 (глубина 245—425 м, грунт: гравий, галька, песок; 23 экз.).

Для Берингова моря представители этого семейства вообще ранее не отмечались. В последнее время выяснилось, что этот вид обитает в южном полушарии и является, таким образом, биполярным [4, 24, 27].

КЛАСС ECHINOIDEA

ОТРЯД, CAMARODONTA

Сем. STRONGYLOCENTROTIDAE

Strongylocentrotus ex gr. *droebachiensis* (O. F. Müller)

На всех станциях, кроме одной, имеющиеся у нас особи относятся к форме *echinoides*, которую З. И. Баранова [2] рассматривает как вид *St. echinoides* Ag. et Clark. Лишь на одной станции (№ 147) нам встретились ежи, возможно относящиеся по З. И. Барановой [2] к *St. sachalinica* Doderlein.

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., тралы № 1, 2 (Анадырский зал.), траление на станции № 236; «Первенец» 1959 г., станции № 121, 126, 129, 130, траление на станциях № 55, 56 (глубина 37—225 м; грунт: илистый песок, заиленный гравий, галька, валуны с песком; 90 экз.).

ОТРЯД CLYPEASTEROIDEA

Сем. SCUTELLIDAE

Echinarachnius parma Lamark

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станции № 158, 191, 193, 195, 201—203, 225; «Первенец» 1959 г., станции № 35, 39, 41, 46, 47, 80—88, 90—92, 94, 95, 128, 198, 203, 225, 227, 228; траление на станциях № 94, 97 (глубина 20—97 м; грунт: песок, илистый песок, ил; 871 экз.).

На станции № 158 (1958 г.), располагающейся вблизи холодного Анадырского пятна, встречены особи, довольно сильно различающиеся по высоте панциря. Диапазон колебаний отношения высоты к диаметру диска (от 15,5 до 22,5%) у особей диаметром от 2,9 до 4,1 см охватывает величины, характерные и для теплолюбивой типичной формы *E. parma* Lamark и для более холодноводной *E. parma f. obesa* Clark. На станциях на прибрежном Аляскинском мелководье взрослые особи по отно-

* По ряду признаков этот вид ближе стоит к сем. Ophiocanthidae и, может быть, его следует отнести именно к этому семейству [15].

шению высоты панциря к диаметру диска следует отнести к типичной форме.

ОТРЯД SPATANGOIDEA

Сем. SCHIZASTERIDAE

Brisaster latifrons (Agassiz)

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станции № 179, 207; «Первенец» 1959 г., станции № 161, 240, 239 (скорлупа) (глубина 425—505 м; песок и галька, песок, илистый песок, песчанистый ил; 6 экз.).

Все станции, перечисленные выше, находятся в районе свала глубин.

КЛАСС HOLOTHURIOIDEA

ОТРЯД ASPIDOSHIROTA

Сем. SYNALLACTIDAE

Synallactes nozawai Mitsukuri

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станция № 125 (юго-западной мыса Наварин, глубина 425 м; гравий с песком и илом; 1 экз.). Неоднократно отмечался [2, 23] у азиатского берега Берингова моря, у о-вов Прибылова и Командорских, но только на глубине от 100 до 198 м.

ОТРЯД DENDROSHIROTA

Сем. CUCUMARIIDAE

Cucumaria glacialis Jungman

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станции № 138, 141 (Анадырский зал.), траление на станции № 141 (глубина 72—88 м; песчанистый ил, илистый песок; 10 экз.).

Cucumaria calcigera Stimpson

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станции № 200—203, 231; «Первенец» 1959 г., станции № 50, 231 (глубина 64—71 м; илистый песок, песчанистый ил; 1063 экз.).

Северо-восточнее о-вов Прибылова отмечен нами впервые. Встречается здесь в значительных количествах (на станции № 202, 1958 г., плотность свыше 2300 экз/м²). Интересно, что на одной и той же станции не встречались одновременно крупные и мелкие особи. Вследствие этого на станции № 202, несмотря на громадную плотность, биомасса голотуррий была лишь 12,8 г/м², так как на этой станции были только мелкие экземпляры величиной менее 1 см. На станции № 200, располагающейся приблизительно в 40 милях от предыдущей, при сравнительно небольшой плотности (24 экз/м²) биомасса была равна 89,6 г/м².

Сем. PSOLIDAE

Psolus sjuamatus (Koren) (?)

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станция № 129 (глубина 37 м; галька, валуны, с песком и битой ракушей; 2 экз.).

Psolus chitonoides Clark (?)

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станции № 144, 288 (глубина 60—119 м; галька, гравий; 4 экз.).

Psolus squamatus (Koren) (?)

Место обнаружения: «Первенец» 1959 г., станция № 157 (глубина 400 м; песок с галькой; 1 экз.)

ОТРЯД APODA

Сем SYNAPTIDAE

Chiridota ochotensis Saveljeva

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станции № 177—181, 243; «Первенец» 1959 г., станции № 161, 240 (глубина 136—467; грунт: песок, илистый песок, песчанистый ил; 16 экз.).

Новой для фауны Берингова моря вид. Т. С. Савельева [23] отмечает его только для Охотского моря. Нами обнаружен на ряде станций на свале глубин на глубине от 113 до 467 м при температуре 3,38—4,10° в основном на песчаных грунтах.

Myriotrochus rinkii Steenstrup

Место обнаружения: «Жемчуг» 1958 г., станция № 148; «Первенец» 1959 г., станции № 138, 139, траление на станции № 141 (глубина 72—88 м; илистый песок, песчанистый ил; 5 экз.). Неоднократно встречался нам в Анадырском зал.

Описание распределения различных грунтов и термические особенности в рассматриваемом районе есть в статьях Натарова и Нейман *. Из данных этих авторов следует, что основными факторами, влияющими на распределение иглокожих в исследованном нами районе являются грунты и температура, причем распределение их на акватории шельфа в схеме носит, как нам кажется, поясной характер.

В исследованной нами акватории биомасса иглокожих невелика по сравнению с западными районами, изученными экспедициями на «Дальневосточнике», «Красноармейце», «Витязе». Так, например, если в исследованной нами области биомасса иглокожих в среднем составляла 22,2 г/м², то в Анадырском зал. — 188,6 г/м² [5].

Количественное распределение иглокожих представлено на рис. 2. Как видно из этой карты, на громадных прибрежных пространствах у Аляски до глубины 50 м биомасса их очень низкая. Районы с высокой биомассой наблюдаются у о-ва Нунивак (станция № 81, 1959 г.; биомасса 98 г/см²; глубина грунта 29 м; песок) и севернее его (станция № 86, 1959 г.; биомасса 36,2 г/м²; глубина 23 м; песок).

Области повышенной биомассы, исключая районы к востоку и западу от о-вов Прибылова, располагаются двумя поясами. Один из них проходит по глубинам 75—100 м, другой — 400—500 м. Оба пояса идут параллельно кромке шельфа, причем второй непосредственно примыкает к ней. Второй пояс, расположенный на больших глубинах, образован главным образом бореальными видами (*Chiridota ochotensis*, *Brisaster latifrons*, *Ophiura leptoctenia*, *Amphioplus macraspis*). Состав населения этого пояса, вероятно, объясняется обогревающим действием глубинных тихоокеанских вод, которое особенно сильно сказывается в районах от о-ва Уналашка до о-вов Прибылова.

Другой пояс повышенной биомассы, проходящий по глубинам 75—100 м и примыкающий к северо-западному району высоких биомасс, прерван полосой песков, тянущейся от о-ва Нунивак к о-вам Прибылова. Этот пояс обусловлен в основном развитием арктическо-бореальных видов (*Ctenodiscus crispatus*, *Ophiura sarsi*) и преимущественно арктической (*Cucumaria calcigera*), к которым в районе о-вов Прибылова присоединяются более тепловодные формы (*Echinarachnius pagta*). Сравнительно высокая биомасса этого пояса, по-видимому, объясняется благоприятными условиями питания для детритофагов на мягких грунтах, распространенных в этой зоне, а преобладание холодолюбивых форм может служить косвенным показателем постоянства относительно низких температур в этой зоне, которая, с одной стороны, не может прогреваться летом в такой же степени, как лежащее к севе-

* Труды ВНИРО. Т. 48, 1963 г.

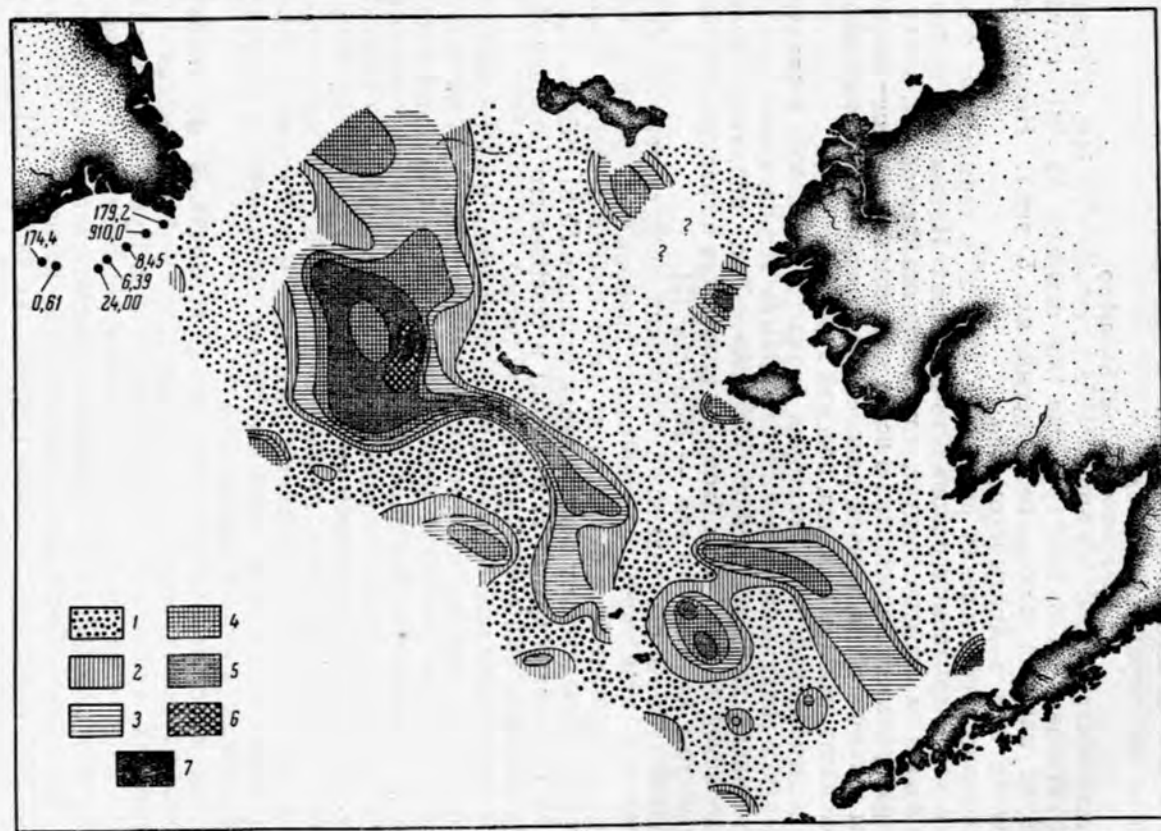


Рис. 2. Распределение биомассы иглокожих в восточной части Берингова моря ($г/м^2$). (Цифры в районе Корякского берега обозначают биомассу на отдельных станциях):
 1 — менее 10; 2 — 10—25; 3 — 25—50; 4 — 50—100; 5 — 100—300; 6 — 300—500; 7 — более 500.

ро-востоку прибрежное мелководье и, с другой стороны, не подвергается отепляющему действию глубинных вод.

На станциях, наиболее близко расположенных к берегу, в юго-восточном районе наблюдается третий подъем биомассы главным образом за счет молоди *E. parma*. В большинстве случаев это повышение очень невелико, но на ряде станций была отмечена значительная биомасса плоского ежа (более 120 г/м^2 , ст. № 81, 86, 94, 198, 1959 г.). В районе о-вов Прибылова с их сложным гидрологическим режимом биомассы иглокожих распределяются пятнами (см. рис. 2).

Переходя к характеристике распределения отдельных групп иглокожих, следует отметить, что из морских звезд только *Ctenodiscus crispatus* присутствовал в дночерпательных пробах в значительном количестве (рис. 3). Максимальная биомасса его отмечена на западе и юго-западе от о-ва Св. Матвея, где она достигала 212 г/м^2 на глубине 122 м на песчанистом иле (ст. № 180, 1958 г. и ст. № 105, 1959 г.). Небольшое скопление его находится и в юго-восточном районе между о-вами Св. Георгия и Унимак. Таким образом, наибольшего развития этот вид достигает в северо-западном районе. Это объясняется сильным развитием в северо-западном районе илистых грунтов, которые являются, по-видимому, определяющим фактором в его распространении. Температура не оказывает существенного влияния на его распределение, на что указывают находки этого вида в значительно более тепловодном юго-восточном районе. Очень широкое географическое распределение этого вида также говорит о его чрезвычайной эвритермности.

Хищные звезды в большом количестве встречались на исследованной акватории шельфа, но попадались только в траловых уловах. Лишь на станциях у мыса Авинова (ст. № 194, 1958 г., глубина 21 м), юго-восточнее о-ва Св. Георгия (ст. № 238, 1958 г., глубина 117 м), севернее о-ва Нунивак (ст. 84, 85 № 1959 г., глубина 25 м) мелкие особи звезд сем. *Asteriidae* встречены в дночерпательных пробах. Поскольку трал не является орудием количественного сбора, мы не можем привести карту количественного распределения хищных звезд. Можно сказать, однако, что часто встречающаяся *Asterias rathbuni* попадает в очень больших количествах в прибрежном Аляскинском мелководье. Молодь *Asterias rathbuni* в очень большом количестве попадалась в трале севернее о-ва Нунивак; особей с регенерирующими лучами в Бристольском заливе, между о-вом Унимак и мысом Пирс, было 50% (трал № 3). Из других видов обычен также *Leptasterias polaris acervata*. Обилие хищных звезд должно значительно снижать биомассу кормовых для рыб организмов.

Офиуры богато представлены в наших сборах как в количественном, так и в качественном отношении. Больше всего распространена *Ophiura sarsi*. Распределение этого вида показано на рис. 4. Наибольшая биомасса была отмечена юго-западнее о-ва Св. Матвея на глубине 92 м, где она достигла $134,3 \text{ г/м}^2$ (ст. № 169, 1958 г.). *O. sarsi* встречена также и в районе о-вов Прибылова, где биомасса ее также была велика (106 г/м^2 на ст. № 54, 1959 г., глубина 97 м, илистый песок). В восточном пятне биомасса ее не превышала $53,5 \text{ г/м}^2$ (ст. № 219, 1958 г., глубина 86 м). Таким образом, биомасса *O. sarsi*, так же как и *Ctenodiscus crispatus*, выше в северо-западном районе. Характер распределения ее, по-видимому, определяется в основном развитием мягких грунтов и зонной соприкосновения с дном холодной промежуточной прослойки воды.

Другие виды офиур в количественном отношении менее развиты.

Ophiura leptoctenia была очень обычна в наших сборах. В своем распространении она придерживается края шельфа и спускается вниз по склону. Наибольшая биомасса была юго-восточнее о-вов Прибылова, где она достигает в некоторых участках свала величины $11,9 \text{ г/м}^2$ (ст. № 241, 1959 г., глубина 588 м, песок).

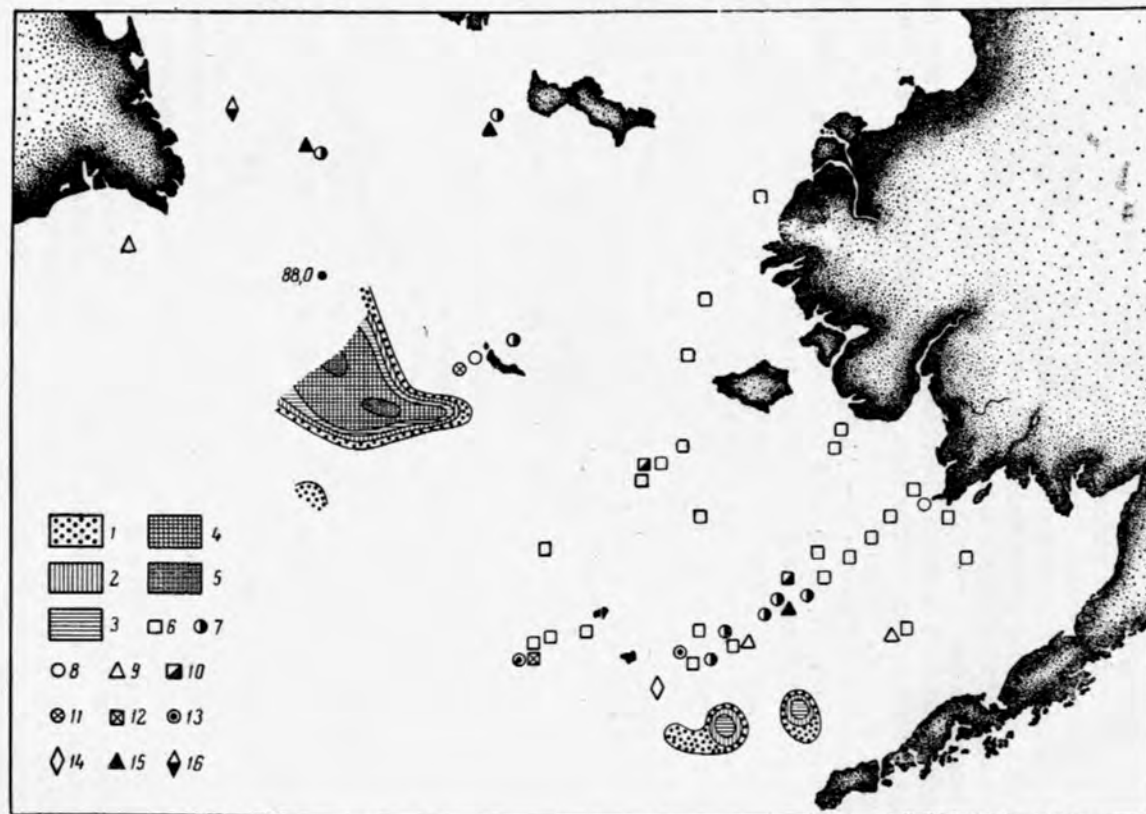


Рис. 3. Количественное распределение *Ctenodiscus crispatus* (г/м²) и распределение других звезд:

1 — 0—5; 2 — 5—10; 3 — 10—50; 4 — 50—200; 5 — более 200; 6 — *Asterias rathbuni*; 7 — *Leptasterias polaris acervata* f. *polytela*; 8 — *L. polaris acervata* f. *acervata*; 9 — *Leptasterias arctica*; 10 — *L. hirsuta*; 11 — *L. groenlandica*; 12 — *Lethasterias nanimensis*; 13 — *Pedicellaster magister ochotensis*; 14 — *Crossaster papposus*; 15 — *Henricia longispina*; 16 — *Diploptaster multipes*.

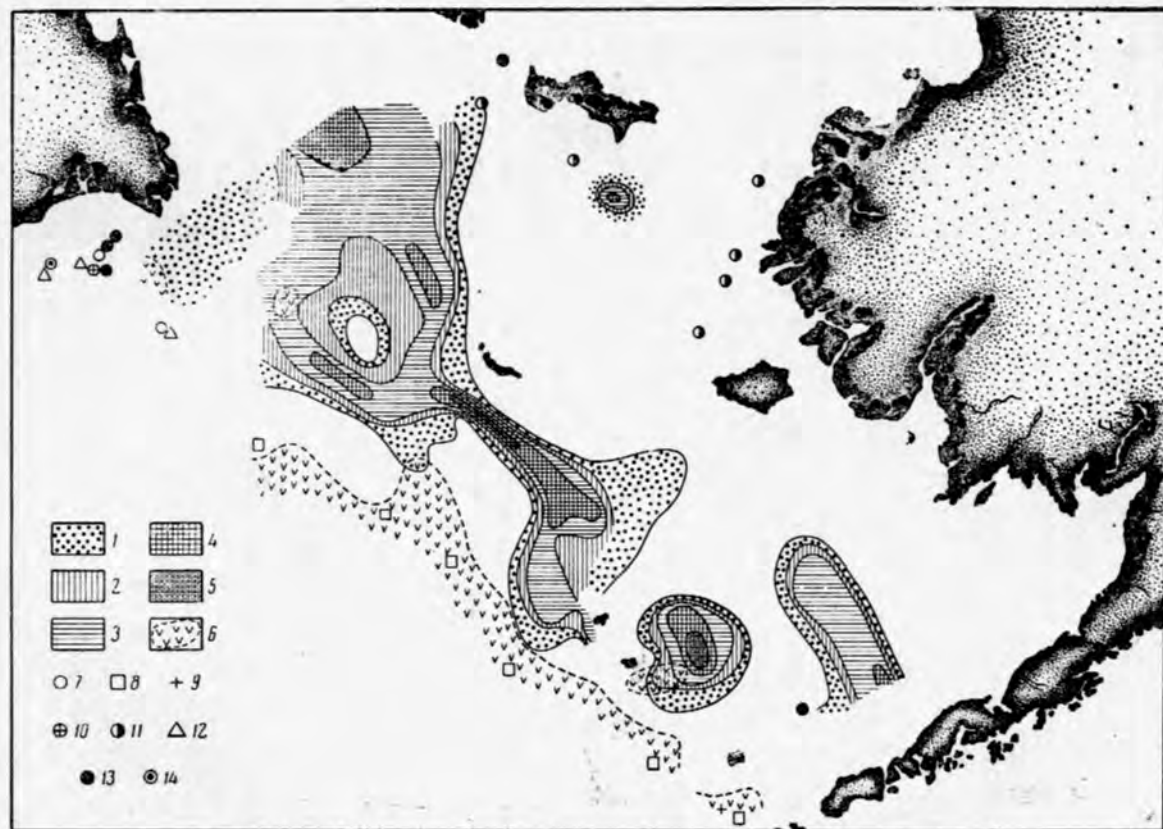


Рис. 4. Количественное распределение *O. sarsi* ($г/м^2$) и распространение *O. leptoctenia* и некоторых других видов офиур:

1 — 0—10; 2 — 10—25; 3 — 25—50; 4 — 50—100; 5 — более 100; 6 — *O. leptoctenia*; 7 — *O. quadrispina*; 8 — *Amphiplus macraspis*; 9 — *Ophiophthalmus normani*; 10 — *Ophiophthalmus cateleimmoides*; 11 — *Stegophiura nodosa*; 12 — *Toporkovia fragilis*; 13 — *Amphiura sündevalli*; 14 — *Amphiura beringiana*.

На свале глубин также встречается часто *Amphioplus macraspis*.

Amphiodia craterodonta чрезвычайно широко распространена на шельфе, но нигде не дает значительной биомассы. Только на восьми станциях биомасса этого вида была более 1 г/м^2 и северо-восточнее о-вов Прибылова на глубине 70 м составила $4,5 \text{ г/м}^2$ (ст. № 52, 1959 г., илистый песок).

Другие виды офиур попадались нам только на разрозненных станциях, так что количественное распределение их не будет рассматриваться. Места обнаружения их указаны в систематическом разделе.

В наших пробах на питание только один раз в желудке стрелозубого палтуса (*Atheresthes stomias*) встречен один экземпляр *O. sarsi*.

Из морских ежей в дночерпательных пробах у нас встречалось три вида: плоский еж (*Echinarachnius parma*), сердцевидный еж (*Brisaster latifrons*) и обыкновенный еж (*Strongylocentrotus droebachiensis*).

St. droebachiensis попался нам в траловых уловах на глубине 90—150 м в районе о-вов Прибылова, а также в дночерпательных пробах, взятых на каменистом и галечном грунте у Корякского побережья и Командорских о-вов (рис. 5). На присутствие здесь *Strongylocentrotus* указывает и Беляев [3]. Брать количественные пробы дночерпателем в таких районах чрезвычайно трудно. Кроме того, этот еж попадался на очень ограниченном количестве станций. Вследствие этого мы не приводим на карте количественных сведений по его распространению.

Сердцевидный еж в западном районе Берингова моря распространен в области свала и образует хорошо выраженный биоценоз, тянувшийся вдоль изобаты 500 м [17] на глубине от 425 до 505 м. Максимальная биомасса его была на свале глубин юго-восточней мыса Наварин на глубине 453 м, где она достигла $97,9 \text{ г/м}^2$ (ст. № 161, 1959 г., илистый песок).

Плоский еж встречен нами на прибрежном песчаном мелководье от п-ва Аляска до устья р. Юкон и о-ва Св. Лаврентия. В некоторых участках здесь он дает значительную биомассу (120 г/м^2 у п-ва Аляска). Однако даже здесь его биомасса ниже, чем в северо-западных областях моря, где она достигает 2000 г/м^2 , например, в Анадырском заливе [5] и северо-западнее о-ва Св. Лаврентия [19]. В других местах, несмотря на высокую иногда плотность (755 экз/м^2 близ о-ва Нунивак, на глубине 30 м на ст. № 191, 1958), биомасса его очень редко превышает 1 г/м^2 . Это следствие чрезвычайно малых размеров особей (иногда 2—3 мм).

Максимальная биомасса *E. parma* отмечена нами западней о-ва Св. Матвея на глубине 97 м (ст. № 158, 1958 г.). Плотность его здесь составляет 124 экз/м^2 , а биомасса — 497 г/м^2 . Этот участок характеризуется илистым грунтом, он находится недалеко от холодного Анадырского пятна. *E. parma* предпочитает песчаные грунты, и такое обилие этого бореального вида на мягком иле непонятно, даже если допустить тепляющее действие в этом районе глубинных вод.

Небольшое пятно *E. parma* с максимальной биомассой $33,8 \text{ г/м}^2$ на глубине 71 м обнаружено северо-восточнее о-вов Прибылова на илистом песке (ст. № 203, 1958 г.).

Из голотурий мы будем рассматривать в количественном отношении распределение только двух видов: *Cucumaria calcigera* и *Chiridota ochotensis* — наиболее многочисленных в наших пробах.

Бореальный, новый для фауны Берингова моря, вид *Chiridota ochotensis* встречен на глубине от 113 (ст. № 181, 1958 г.) до 467 м (ст. № 240, 1959 г.) на песке, илистом песке и песчанистом иле в районе свала глубин (рис. 6). Эта область совпадает с распространением *Br. latifrons*. Как уже отмечалось, существование здесь бореальных видов объясняется тепляющим действием глубинных вод. Биомасса *Chiridota* достигала $68,4 \text{ г/м}^2$ (ст. № 181, 1958 г.). Немногочисленные пробы на питание рыб, сделанные нами, показали, что голотурия эта потребляется



Рис. 5. Количественное распределение (в г/м²) *Echinarachnius parma* (А), *Brisaster latifrons* (Б) и местонахождение *Strongylocentrotus ex gr. droebachiensis*: (цифра 910 у Корякского берега означает биомассу *E. parma*, отмеченную на соответствующей станции):
 1 — 0—1; 2 — 1—5; 3 — 5—25; 4 — 25—50; 5 — 50—100; 6 — более 100; 7 — *Strongylocentrotus ex gr. droebachiensis*.



Рис. 6. Количественное распределение ($г/м^2$) *Cucumaria calcigera* (А), *Chiridota ochotensis* (Б) и местонахождение других голотурий:

1 — 0—5; 2 — 5—10; 3 — 10—50; 4 — более 50; 5 — *Synallactes nozawai*; 6 — *Cucumaria glacialis*; 7 — *Psolus squamatus*; 8 — *Ps. fabricii*; 9 — *Ps. chitonoides*; 10 — *Myriotrochus rinkii*.

рыбами-бентофагами. Фрагменты ее были найдены в желудке двухлинейной камбалы (*Lepidopsetta bilineata*).

Cusumaria calcigera — вид преимущественно арктический, образует поселение северо-восточнее о-вов Прибылова [6]. Максимальная биомасса ее здесь достигает 89,6 г/м² на глубине 64 м (ст. № 250, 1958 г., илистый песок). В питании рыб-бентофагов, по данным А. А. Нейман [21], голотурия играет существенную роль. Желудки желтоперой камбалы (*Limanda aspera*) из этого района были набиты голотурией. Другие виды голотурий нигде не давали большой биомассы.

В Анадырском зал. нами встречен другой холодноводный преимущественно арктический вид — *Cusumaria glacialis*. Здесь же встречается и *Myriotrochus ginkii*. Эти виды неоднократно отмечались здесь рядом исследователей [2, 5 и др.].

На станциях, взятых на каменистых и галечных участках, неоднократно встречались представители *Psolus*, обычные среди фауны образований.

ВЫВОДЫ

1. Приведены данные о местонахождении 43 видов иглокожих по результатам работ Беринговоморской экспедиции (1958—1959 гг.). Указаны пять видов и один род, новые для фауны иглокожих Берингова моря.

2. Исследованная акватория восточной части Берингова моря характеризуется в схеме поясным распределением температуры и грунтов — основных абиотических факторов, влияющих на распределение иглокожих восточноберинговоморского шельфа. В соответствии с физико-географическими условиями распределение иглокожих также носит в общем поясной характер. Нами отмечено три пояса повышенной биомассы иглокожих: первый пояс образован бореальным видом *Echinarachnius parma*, занимающим обширное прибрежное мелководье, хорошо прогревающееся летом; второй состоит из холодноводных арктическо-бореальных видов (*Ophiura sarsi*, *Ctenodiscus strispatus*) и преимущественно арктической *Cusumaria calcigera*. Состав населения этой зоны объясняется относительно низкой температурой, сохраняющейся круглый год (слой остаточного зимнего охлаждения), а сравнительно высокая биомасса этого пояса обусловлена развитием здесь илистых грунтов, особенно в северо-западной части исследованной акватории; третий пояс повышенной биомассы находится вдоль кромки шельфа, существование его объясняется тепляющим действием глубинных океанических вод. Основными являются здесь бореальные виды: *Chiridota ochotensis*, *Brisaster latifrons*, *Ophiura leptoctenia*, *Amphipplus macraspis*.

3. Иглокожие, по-видимому, могут оказывать существенное влияние на биологические процессы дна восточной части Берингова моря. Так, например, голотурии охотно потребляются камбалами (*Lepidopsetta bilineata*, *Limanda aspera*) и занимают видное место в питании рыб в районах массового развития. Имеются сведения о потреблении офиур и ежей рыбами (*Atheresthes stomias*, *Lepidopsetta bilineata*, *Hypoglossoides robustus*). Наши материалы показывают, что в пределах акватории мелководья открытого моря иглокожие играют большую роль — более 30% в общей биомассе бентоса. Массовое развитие звезд, конкурентов в питании с рыбами-бентофагами, приводит, вероятно, к значительному снижению кормовой для рыб биомассы. Многие виды, являющиеся руководящими формами биоценозов при изучении зоогеографических черт данного района, могут служить индикаторами водных масс и распределение их может оказать помощь в поисково-промысловых работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова З. И. Новые виды и подвиды иглокожих из Берингова моря. Тр. ЗИН. Изд-во АН СССР. Т. 18, 1955.
2. Баранова З. И. Иглокожие Берингова моря. Иссл. дальневосточных морей СССР. Вып. 4. М.-Л., 1957.
3. Беляев Г. М. Количественное распределение донной фауны в северо-западной части Берингова моря. Тр. ИОАН. Т. 34. Изд. АН СССР, 1960.
4. Беляев Г. М. и Иванов Б. Г. К вопросу о биполярности офиур рода *Tororkovia* Djakonov. «Зоол. журн.». Т. 40. Вып. 8, 1961.
5. Виноградова Н. Г. Материалы по количественному учету донной фауны некоторых заливов Охотского и Берингова морей. Тр. ИОАН. Т. 9, 1954.
6. Дерюгина К. М. и Иванов А. В. Предварительный обзор работ по изучению бентоса Охотского и Берингова морей. Иссл. морей СССР. Вып. 25. М.-Л., Гидрометеиздат, 1937.
7. Дьяконов А. М. Монографический очерк морских звезд северо-западных частей Тихого океана (род *Leptasterias*). Тр. ЗИН. Т. 6. Вып. 5. Изд-во АН СССР, 1938.
8. Дьяконов А. М. Взаимоотношения арктической и тихоокеанской морских фаун на примере зоогеографического анализа иглокожих «Журн. общей биологии». Т. 6, № 2, 1945.
9. Дьяконов А. М. Индивидуальная изменчивость и возрастные изменения у некоторых групп иглокожих. Тр. ЗИН. Т. 8. Изд-во АН СССР, 1946.
10. Дьяконов А. М. Определитель иглокожих дальневосточных морей. Изв. ТИНРО. Т. 30. Примиздат, 1949.
11. Дьяконов А. М. Морские звезды морей СССР. Определитель по фауне СССР № 34. Л., Изд-во АН СССР, 1950.
12. Дьяконов А. М. Монографический очерк морских звезд северо-западной части Тихого океана (*Echinodermata*, *Asteroidea*). II—IV. Иссл. дальневосточных морей СССР. Вып. 2, Л., 1950.
13. Дьяконов А. М. Глубоководный элемент в фауне морских звезд Охотского моря. Иссл. дальневосточных морей СССР. Вып. 2, Л., 1950.
14. Дьяконов А. М. Офиуры (змеехвостки) морей СССР. Определитель по фауне СССР. № 55. Л., Изд. АН СССР, 1954.
15. Дьяконов А. М. Некоторые дополнения к «Определителю офиур морей СССР». Тр. Ленинградского о-ва естествоиспытателей. Т. 72. Вып. 1, 1961.
16. Дьяконов А. М. Обзор видов морских звезд рода *Henricia* Gray из северо-западных частей Тихого океана. Иссл. дальневосточных морей СССР. Вып. 7, М.-Л., 1961.
17. Зенкевич Л. А. и Филатова З. А. Общая краткая характеристика качественного состава и количественного распределения донной фауны дальневосточных морей СССР и северо-западной части Тихого океана. Тр. ИОАН. Т. XXVII. М., Изд. АН СССР, 1958.
18. Клерк О. Г. Морские лилии Охотского и Японского морей. Иссл. морей СССР. Вып. 23, 1937.
19. Макаров В. В. Материалы по количественному учету донной фауны северной части Берингова и южной части Чукотского морей. Иссл. морей СССР. Вып. 25. М.-Л., Гидрометеиздат, 1937.
20. Нейман А. А. Количественное распределение бентоса в восточной части Берингова моря. «Зоол. журн.». Т. XXXIX. Вып. 9. М., 1960.
21. Нейман А. А. Кормовая база камбал в восточной части Берингова моря. «Рыбное хозяйство» № 10, 1960.
22. Савельева Т. С. К фауне голотурий Японского и Охотского морей. Иссл. морей СССР. Вып. 19. Изд. Гос. гидрологич. ин-та, 1933.
23. Савельева Т. С. К фауне голотурий дальневосточных морей СССР. Иссл. дальневосточных морей СССР. Т. 1, 1941.
24. Фелл Х. Б. Биполярный род *Tororkovia* Djakonov. «Зоол. журн.». Т. 40. Вып. 8, 1961.
25. Clark H. L. North Pacific Ophiurans. Smiths. Inst., U. S. Nat. Mus., Bull. 75, 1911.
26. Edwards C. L. The Holothurians of the North Pacific Coast of North America collected by the «Albatross» in 1903. Proc. U. S. Nat. Mus. Vol. 33. № 1558, 1908.
27. Fell H. B. The Fauna of the Ross. Sea. Part 1. Ophiuroidea. New-Zealand Department of Scientific and Industrial Research, Bull. 42, New-Zealand Oceanographic Institute, Memoirs, № 18, 1961.
28. Fisher W. K. Asteroidea of the North Pacific and adjacent waters. Smiths. Inst., U. S. Nat. Mus., Bull. 76, pp. 1—3, 1911, 1928, 1930.
29. Verrill A. Monograph of the shallow-water starfishes of the North Pacific Coast from the Arctic Ocean to California. Smiths. Inst., Harriman Alaska series, Washington. Vol. XIV, 1914.

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

577.475(265.2)

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНКТОНА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ ЛЕТОМ 1958 и 1959 г.

И. М. Мещерякова

ТИНРО

Первые отечественные исследования планктона Берингова моря были проведены в 1932—1933 гг. экспедицией Государственного гидрологического института и Тихоокеанского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) и продолжены в 1950—1958 гг. Институтом океанологии и в 1954—1958 гг. Камчатским отделением ТИНРО. В результате этих работ были получены данные о количественном распределении и сезонных изменениях численности и биомассы планктона, о продукции массовых видов, о составе и фаунистических группировках планктона в северной и западной частях Берингова моря и проведено его зоогеографическое районирование [1—5, 8, 11, 13].

Однако для юго-восточной части Берингова моря имелись лишь данные о составе фито- и зоопланктона и данные о распределении и численности наиболее многочисленных видов [14—19], по которым нельзя было составить полное представление о количественном распределении всего планктона этого района.

Материал для настоящей статьи был собран в юго-восточной части Берингова моря во время работ Берингоморской научно-промысловой экспедиции ТИНРО и ВНИРО (рис. 1).

Распределение материала по годам и сезонам

Время сбора и судно	Число станций	Число проб
1958 г.		
СРТ «Жемчуг»		
конец июля	66	133
1959 г.		
СРТ «Первенец»		
конец июля — начало августа	29	95
начало сентября	6	22
РТ «Огонь»		
сентябрь	39	144
Итого	140	364

Планктон собирался в 100-метровом слое (или до дна в более мелководных районах) по стандартным горизонтам, и лишь при неблаго-

приятной погоде делались тотальные ловы. Орудием лова была сеть Джеди с фильтрующим конусом из шелкового газа № 38 с площадью входного отверстия 0,1 м². Обработка 85% проб произведена счетным методом в камере Богорова. Подсчитывалось число экземпляров каждого вида, а у каланоида, кроме того, каждой стадии. Затем полученные данные перечислялись на биомассу по таблице стандартных ве-

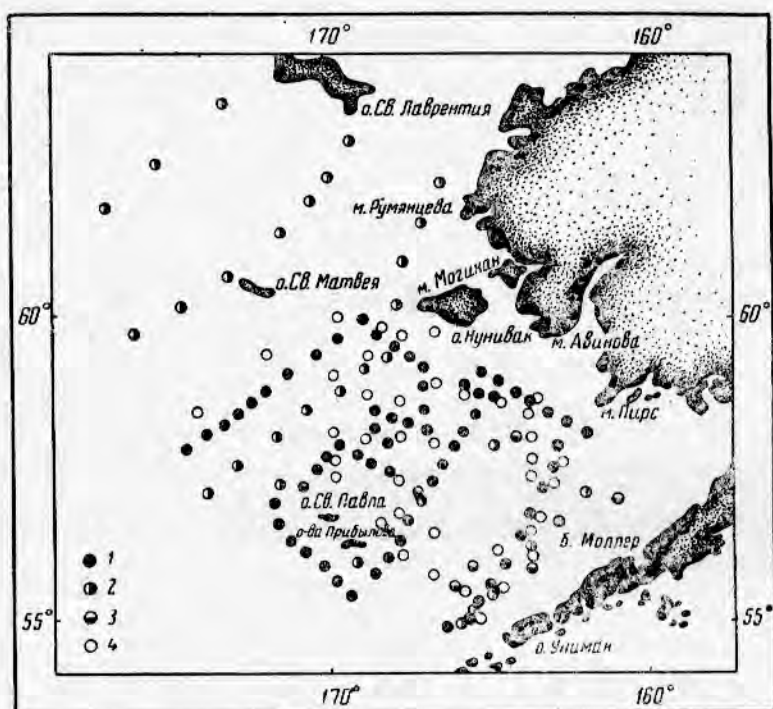


Рис. 1. Расположение планктонных станций:

1 — СРТ «Жемчуг», конец июля 1958 г.; 2 — СРТ «Первенец», конец июля и начало августа 1959 г.; 3 — СРТ «Первенец», начало сентября 1959 г.; 4 — РТ «Огонь», сентябрь 1959 г.

сов [7]. Остальные пробы, из которых большинство на 90—100% состояли из фитопланктона, были взвешены и просмотрены под биноклем. Вес фитопланктона определялся как разность веса сестона и зоопланктона. Сделанное нами определение половозрелых особей *Calanus finmarchicus* любезно проверил и подтвердил К. А. Бродский.

В сборе планктона принимали участие научные сотрудники ИОАН, ВНИРО и ТИНРО Л. Н. Мусиенко, А. А. Нейман, Н. П. Новиков, а в его первичной обработке — лаборанты ТИНРО Р. А. Федосова и Т. В. Крылепова. Этим лицам автор выражает свою признательность.

На мелководье, восточнее о-вов Прибылова, находится большой по площади антициклонический круговорот [9], где остается придонный слой холодной воды. С развитием летнего прогрева площадь «холодных пятен» сокращается, и в некоторые годы они могут совершенно исчезать. В таблице приводятся данные о температуре воды на мелководье восточной части Берингова моря.

Из данных таблицы следует, что в конце июля 1959 г. температура воды на мелководье была ниже, чем в те же сезоны в 1958 г. В сентябре 1959 г. она была близка к июльской 1958 г.

Распределение биогенных элементов [6] в юго-восточной части Берингова моря летом следующее: в пределах 50-метровых глубин коли-

чество их было незначительным, а распределение по вертикали — однородным вследствие полного перемешивания вод. Там, где глубины превышали 50 м, воды разделялись на верхний обедненный и нижний богатый биогенными элементами слои. Наибольшее количество биогенных элементов на мелководье концентрируется в холодном придонном слое на участке, занятом антициклоническим круговоротом [9]. В районе материкового склона интенсивная вертикальная циркуляция обеспечивает вынос биогенных элементов из глубинных вод [6, 9].

Таблица

Температура воды на мелководье юго-восточной части
Берингова моря (в град.)

Дата	На поверхности		На глубине 25 м	
	наимень- шая	наиболь- шая	наимень- шая	наиболь- шая
1958/VII	6,4	10,2	2,2	9,0
1959/VII—VIII	4,6	9,2	0,42	8,0
1959/IX	6,2	10,6	1,2	9,9

В конце июля 1958 г. минимальное содержание кремния наблюдалось у восточной границы района работ. В июле 1959 г. такой минимум не наблюдался. Относительно малое количество фосфатов, как правило, отмечалось в очагах цветения и вблизи них. Концентрация кислорода в поверхностном слое обычно превышала 100%, но несколько снижалась в ночное время.

Распределение фитопланктона. В 1958 г. во второй половине июля на мелководье юго-восточной части моря повсюду встречался *Coscinodiscus*. Наибольшее его скопление было обнаружено у восточной границы района работ, против входа в зал. Кускоквим, где биомасса фитопланктона превышала 4 г/м³. Это «цветение», постепенно затухая, распространялось до 170° з. д., где количество фосфора оказалось больше, чем в восточных частях мелководья, из чего можно заключить, что цветение здесь только начиналось.

На юге мелководья количество фитопланктона было очень мало, но малое количество биогенных элементов на отдельных станциях позволяет предположить, что «цветение» здесь недавно завершилось.

В южной и центральной частях мелководья зарегистрировано значительное количество *Peridinium*. На юге он встречался во всей толще воды, в центральной части мелководья был сосредоточен у поверхности. Второстепенными по численностям формами фитопланктона в этот период оказались *Nitzschia pacifica*, *Thalassiothrix* sp., *Rhizosolenia hebetata* (последняя часто встречалась у свала одновременно с *Chaetoceros atlanticus*) и др.

В июле 1959 г. перед входом в зал. Кускоквим сборы планктона не проводились, но по значительно большему количеству кремния в сравнении с обнаруженным на этом же участке в период «цветения» в предыдущем году можно предположить, что здесь в этот период «цветения» не было. На юге у м. Креницына и бухты Моллер были найдены в небольшом количестве *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* и *Thalassiothrix*.

На участке работ к северу от 60 параллели, где сборы производились только в 1959 г., в начале августа отмечена массовая вегетация *Stephanopixis nipponica*. Количество фосфатов и особенно кремния по сравнению с их количеством на других участках было низким, а насыщенность кислородом на поверхности резко повышена (8, 9 мг/м³). В других частях района северней 60° с. ш. наблюдались незначительные скопления *Ceratium* и единично *Peridinium*.

Обработка материала, собранного в первую декаду сентября 1959 г.

на разрезе от о-вов Прибылова к о. Нунивак и на разрезе вдоль о. Уни-мак и южной оконечности п-ва Аляска показала, что на юге, особенно у бухты Моллер, в этот период существуют небольшие очаги «цветения», образованные в основном массовым развитием *Thalassiothrix* с примесью *Chaetoceros*. По разрезу от о. Нунивак фитопланктон отсутствовал, за исключением большого скопления *Thalassiotrix* и *Chaetoceros* в непосредственной близости от о. Нунивак.

Через 10—12 дней, во второй половине сентября, южнее о. Нунивак количество *Thalassiothrix* было огромно — 10 г/м^3 . Значительные скопления этих водорослей наблюдались и юго-западной м. Пирс несколько севернее очага «цветения», обнаруженного в начале сентября у б. Моллер. Таким образом, в сентябре «цветение» охватывало восточную часть мелководья, огибая с востока холодные воды средней части шельфа.

При сопоставлении зон «цветения» в сентябре с распределением фосфатов оказалось, что в первой декаде этого месяца наименьшее его количество ($14\text{—}16 \text{ мг/м}^3$) было к северу от б. Моллер.

У о. Нунивак, где «цветение» наблюдалось в течение всего сентября, в приповерхностном слое содержание фосфатов оказалось таким же, как и на всех прочих станциях, свободных от «цветения», например у о-вов Прибылова. По-видимому, у о. Нунивак, где потребление биогенов было несомненно велико, происходит и их активное пополнение, что обеспечивает бурную и продолжительную вегетацию фитопланктона. По всей вероятности, аналогичное явление имеет место и у б. Моллер, где, несмотря на относительно малое количество фосфатов в начале сентября, в конце этого месяца развитие фитопланктона еще продолжалось.

Количественное распределение зоопланктона. Основными видами зоопланктона в юго-восточной части Берингова моря являются: *Calanus finmarchicus*, *C. plumchrus*, *C. cristatus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Eucalanus bungii*, *Metridia pacifica*, *Acartia longiremis*, *Centropages mcmurichi*, *Oithona similis*.

При сопоставлении распределения этих видов в 1958 и 1959 г. (рис. 2) оказалось, что оно было сходным и подтверждает районирование Берингова моря М. Е. Виноградовым [3] и К. А. Бродским [2]. *Eucalanus bungii*, *Calanus plumchrus*, *C. cristatus*, *Metridia pacifica* — основные виды северотихоокеанской и южной берингоморской группировок — распространены вдоль свала и на шельф проникают в небольшом количестве. *Acartia longiremis* и *Centropages mcmurichi* — основные виды восточнберингоморской неритической группировки — распространены в прибрежной и центральной частях шельфа при солености менее 32‰ . *Pseudocalanus elongatus* — основной вид всех трех группировок — широко распространен на шельфе и свале. *Calanus finmarchicus* — характерный вид северной берингоморской и восточнберингоморской неритической группировок — также широко распространен в районе исследований, но скопления образует лишь на самом мелководье.

По нашим материалам оказалось возможным сопоставить распределение планктона в юго-восточной части Берингова моря к югу от о-вов Нунивак и Матвея в летний период 1958 и 1959 г. и охарактеризовать распределение планктона к северу от этих островов летом 1959 г.

В 1958 г. наиболее массовым и широко распространенным видом оказался *Pseudocalanus elongatus*, представленный в период исследования всеми стадиями развития. Наибольшее количество этого рачка было обнаружено к северо-востоку от островов Прибылова (рис. 2а), примерно у 58° с. ш. , где его биомасса была близка к 400 мг/м^3 . Второе место по распространению и численности занимает *Calanus finmarchicus*, представленный в основном неполовозрелыми особями. Этот вид

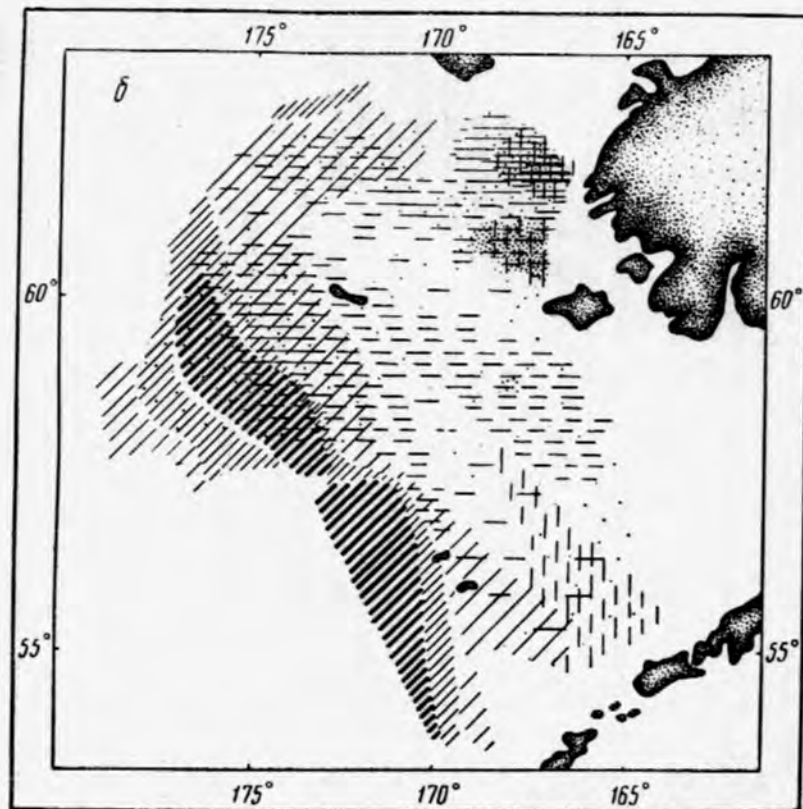
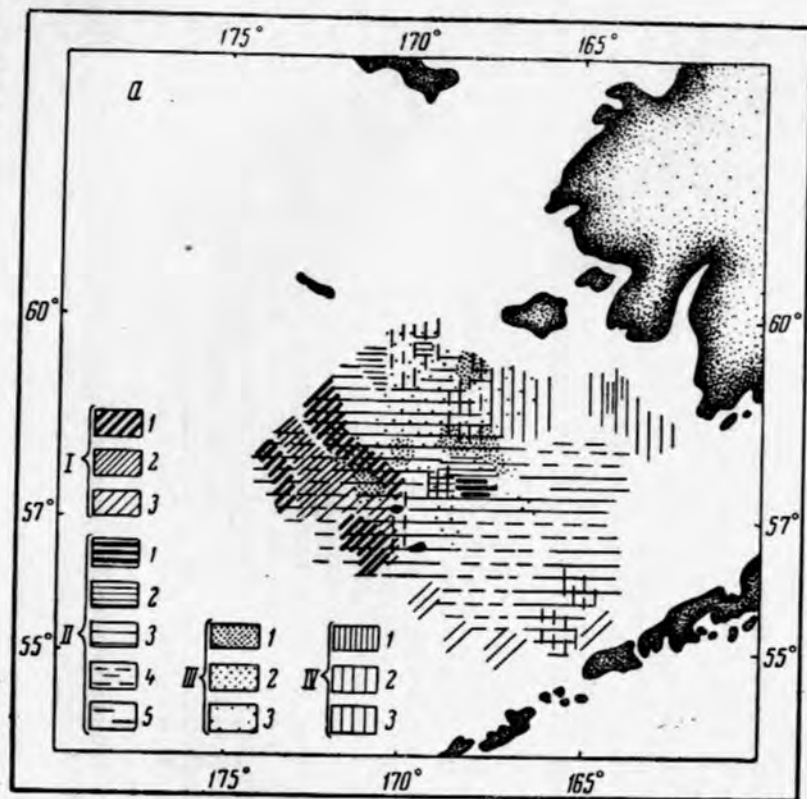


Рис. 2. Распределение группировок планктона и их биомасса:

а — в конце июля 1958 г.; б — в конце июля — начале августа 1959 г. I — *Eucalanus bungii*, *Metridia pacifica*, *Calanus plumchrus*, *Calanus cristatus*: 1 — больше 200, 2 — 200—100, 3 — менее 100; II — *Calanus finmarchicus*: 1 — больше 200, 2 — 200—100, 3 — 100—50, 4 — меньше 50, 5 — единично; III — *Pseudocalanus elongatus*: 1 — больше 200, 2 — 200—100, 3 — меньше 100; IV — *Acartia longiremis* и *Centropages memurichi*: 1 — больше 100, 2 — меньше 100, 3 — меньше 50.

встречается у свала одновременно с океаническими и южноберингово-морскими видами и широко распространен на восток вплоть до о. Нунивак. в водах с пониженной соленостью. Наибольшая его биомасса (до 250 мг/м^3) была отмечена в центральной части мелководья несколько южной области максимальной концентрации *P. elongatus*. По данным Джонсона [15], наибольшие скопления *C. finmarchicus* также были зарегистрированы на этом участке.

Основные скопления видов южноберинговоморской и океанической группировок *E. bungii*, *C. plumchrus*, *C. cristatus*, *M. pacifica* были сосредоточены у свала. Из них к массовым формам в первую очередь должен быть отнесен *E. bungii*, представленный в наших сборах молодью и половозрелыми особями. *M. pacifica* — вторая массовая форма океанической группировки. На одной станции к северу от о-вов Прибылова было зарегистрировано скопление *C. plumchrus*. На прибрежном мелководье преобладают представители неритической группировки: *Acartia longiremis*, *A. clausi*, *A. tumida*, *Centropages mcMurichi*, *Centropages* sp., *Tortanus disauidatus*, *Epilabidocera amphitrites*, *Eurytemora herdmani*. Наиболее многочисленными были первый и четвертый виды. У м. Авинова было отмечено скопление *Noctiluca milliaris*.

В 1959 г. состав зоопланктона юго-восточного мелководья отличался от состава зоопланктона в 1958 г. отсутствием *E. amphitrites*, *A. clausi*, *A. tumida*, *E. herdmani* — представителей неритической группировки; не отмечалось скоплений *Noctiluca*.

В 1959 г. по сравнению с 1958 г. резко уменьшилась численность и биомасса *C. finmarchicus* и *P. elongatus*. Резких изменений численности и биомассы массовых видов неритической и океанической группировок не наблюдалось. Однако виды океанической группировки в 1959 г. не проникали так далеко на шельф, как в 1958 г. (рис. 26).

Помимо копепода, в 1958 г. значительное место в планктоне мелководья занимали молодь эуфаузиевых* и личинки донных беспозвоночных. Особенно большое скопление яиц (600 экз/м^3) и ранних стадий развития эуфаузиевых (400 экз/м^3) наблюдалось к северу от о-вов Прибылова и к северу от о. Унимак.

Из личинок донных беспозвоночных в 1958 г. больше всего было личинок двустворчатых моллюсков. Их скопления (3000 экз/м^3) отмечены у восточной границы района к северо-востоку от о-вов Прибылова и у о. Унимак. Личинки брюхоногих моллюсков встречались только с северной стороны о-вов Прибылова (600 экз/м^3).

Личинки полихет были наиболее обильны к северу от о-ва Павла и на востоке между мысом Пирс и о. Нунивак, но их было много меньше, чем личинок двустворчатых моллюсков, максимум 260 экз/м^3 (у о-вов Прибылова).

Личинки иглокожих концентрировались на востоке, у м. Пирс (320 экз/м^3), и к югу от о. Нунивак (м. Могикиан — 160 экз/м^3). Из приведенных цифр видно, что личинки иглокожих так же, как и личинки полихет, не были многочисленны.

В конце июля — начале августа 1959 г. яйца и личиночные стадии эуфаузиевых были очень немногочисленны. Резко уменьшилось число личинок двустворчатых моллюсков. Например, на юго-востоке, где в 1958 г. их количество достигало 3000 экз/м^3 , в 1959 г. их оказалось всего 100 экз/м^3 . Такое же явление наблюдалось в средней части мелководья, на юго-запад от о. Нунивак. Личинок полихет в 1959 г. также было много меньше, чем в 1958 г. Численность личинок брюхоногих моллюсков в 1959 г. оказалась в два раза больше, чем в 1958 г., и достигала у о. Прибылова 1500 экз/м^3 . Личинки иглокожих образовывали на-

* На восточноберинговоморском мелководье эуфаузиевые играют большую роль в питании камбал [12].

ибольшее скопление у о. Нунивак; численность их в 1959 г. оказалась во много раз больше, чем в 1958 г. (3000 экз/м³ против 160 экз/м³).

В 1958 г. (рис. 3а) наибольшая биомасса зоопланктона (500—1000 мг/м³) была отмечена к северу от о. Павла, где преобладал *Calanus plumchrus*.

На значительно большей части акватории, между о-вами Прибылова и 60 параллелью, к западу от 166° з. д., биомасса планктона колебалась в пределах 200—500 мг/м³. К востоку от о-вов Прибылова она слагалась из *P. elongatus*, *C. finmarchicus* и *A. longiremis*; к северо-западу от этих островов — из форм океанического комплекса, главным образом *E. bungii* и *M. pacifica*. В южной и восточной частях мелководья биомасса не превышала 200 мг/м³, за исключением небольших участков у м. Пирс и о. Унимак. В июле 1958 г. наиболее кормным являлся участок к западу от 166° з. д. в пределах 57—60 параллелей.

Естественно, что уменьшение количества массовых форм зоопланктона, а также уменьшение на шельфе численности видов океанической группировки, привело в 1959 г. к уменьшению общей биомассы зоопланктона. Так, северней о-вов Прибылова, где в 1958 г. биомасса планктона была наиболее высокой, в 1959 г. она едва достигала 200 мг/м³ (рис. 3б). Только на небольшом участке к югу от о. Нунивак сохранилось относительно большое количество зоопланктона. В зоне преобладания видов океанического комплекса биомасса не изменилась и в некоторых случаях увеличилась. Участки с малой биомассой планктона на самом юге района существовали в течение двух лет примерно в тех же границах.

На мелководье, к северу от 60° с. ш., где в 1958 г. работы не проводились, в 1959 г. широко распространенными и многочисленными формами зоопланктона являлись *P. elongatus* и *C. finmarchicus*. В распространении последнего прослеживалась та же закономерность (рис. 2б), которая наблюдалась в южной части мелководья, т. е. *C. finmarchicus* оказался и здесь широко распространенной формой от больших глубин до восточной границы исследования и был представлен неполовозрелыми особями, изредка самками*. Доминирующими формами океанической группировки являлись *M. pacifica*, *E. bungii*, *C. plumchrus*.

Из форм неритического комплекса массовой здесь оказалась только одна *A. longiremis*, представленная молодью и половозрелыми особями. Наибольшее количество их (3500 экз/м³) было обнаружено несколько к северу от м. Румянцева. Самцы и самки *T. discaudatus* и *C. memurichi* отмечались единично от о. Нунивак до м. Румянцева.

Эуфаузиевые находились в основном в науплиальных стадиях развития. Наибольшая их численность (150 экз/м³) зарегистрирована у м. Румянцева. Из других групп животных в планктоне северной части беринговоморского мелководья, особенно у м. Румянцева, выделялись своей значительной численностью кумовые ракообразные — *Lamproys beringii*.

Из личинок донных беспозвоночных наиболее массовыми в северном районе оказались личинки полихет. У м. Румянцева их было около 5000 экз/м³. В среднем на участке к востоку от 170° и северу от о. Нунивак они составляли до 800 экз/м³. Вторыми по численности оказались личинки иглокожих. У о. Нунивак и м. Могикиан их количество достигало 3000 экз/м³, т. е. той же величины, что и южной о. Нунивак в тот же период. Личинки двустворчатых моллюсков в наибольшем количестве (1000 экз/м³) были обнаружены к югу от о. Лаврентия.

Наибольшая биомасса зоопланктона (200—500 мг/м³) в северной

* На участке между о. Лаврентия и м. Румянцева встречены крупные особи *C. finmarchicus*. Примерно в пределах 58—59° с. ш. наблюдается смешение мелких и крупных *C. finmarchicus*, а на мелководье к востоку от о-вов Прибылова преобладают мелкие особи. Возможно, что крупные *Calanus* относятся к виду *C. glacialis*.

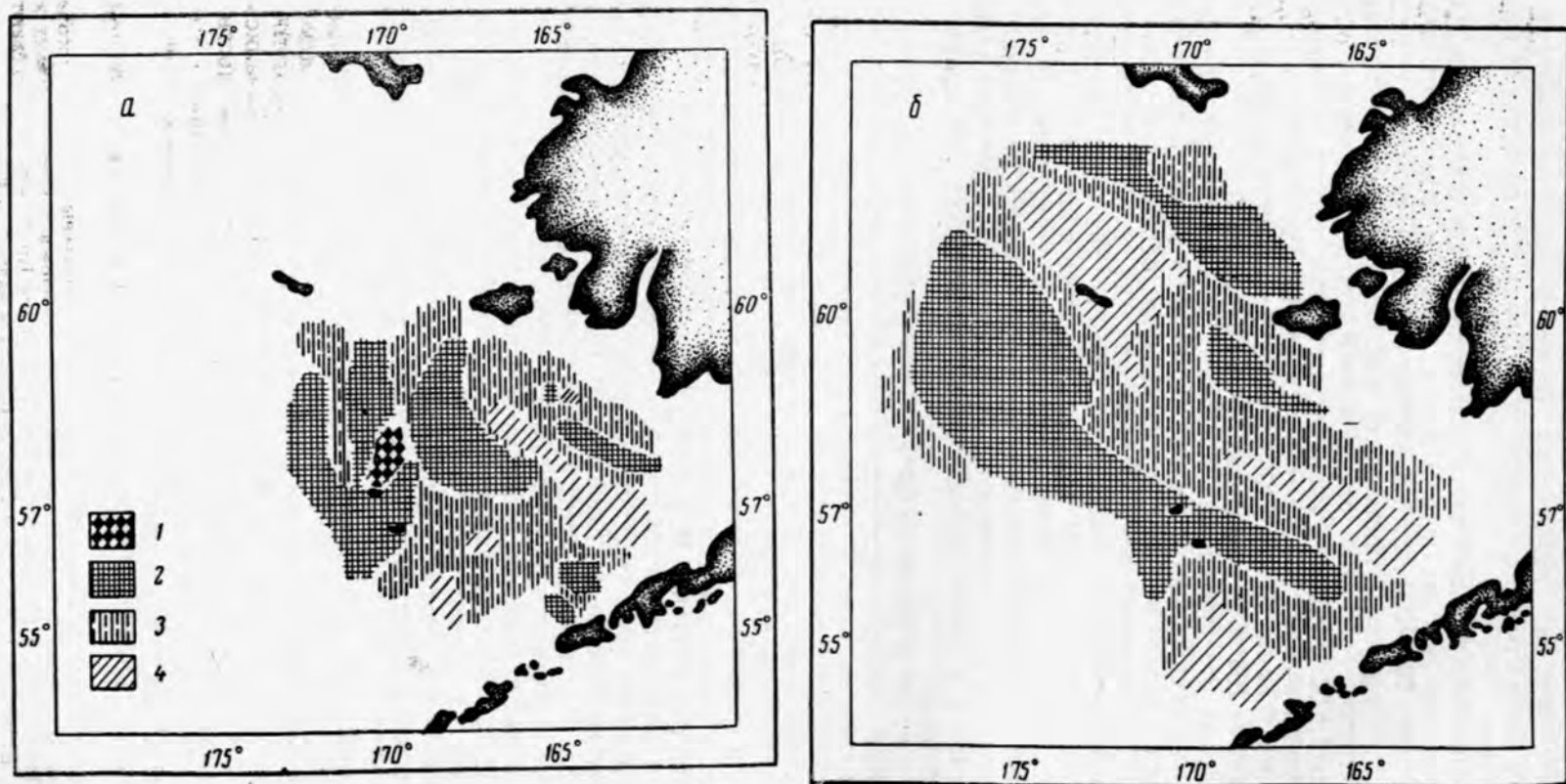


Рис. 3. Распределение биомассы зоопланктона в (mg/m^3):
 а — в конце июля 1958 г.; б — в конце июля — начале августа 1959 г.
 1 — больше 500 м, 2 — 500–200, 3 — 200–100, 4 — менее 100.

части мелководья располагалась вблизи свала (рис. 36), где сосредоточиваются океанические формы *M. pacifica* и *E. bungii*; северней о. Нунивак, где преобладали *P. elongatus*, *C. finmarchicus*, *A. longiremis*.

Наименьшая биомасса планктона в северном районе обнаружена вокруг и северней о. Матвея и так же, как юго-восточней о-вов Прибылова, совпадает с «пятнами» холодных вод.

Анализ материала, собранного в сентябре 1959 г. южной о-вов Нунивак и Матвея, показал, что основу биомассы планктона составляли *P. elongatus* и *C. finmarchicus*. Численность представителей неритической группировки уменьшилась. Средняя биомасса зоопланктона была около 150 г/м³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ фитопланктона, собранного в юго-восточном мелководье Берингова моря в 1958 и 1959 г., показал, что в конце июля — сентябре доминирующими формами являются океанические виды диатомовых. Периидинеи больших скоплений не образуют.

При раннем прогреве (1958 г.) диатомовые могут давать летнюю вспышку в июле. При более позднем прогреве вод (1959 г.) летний пик выражен слабо, начало вегетации запаздывает, и массовое, очень бурное развитие фитопланктона начинается с прогревом вод в сентябре.

Наиболее обильное и продолжительное развитие диатомей, «цветение», наблюдается у восточной границы района исследования в пределах 56—60° с. ш. в зоне малых глубин, наилучшего перемешивания и влияния берегового стока (р. Кускоквим). Биомасса фитопланктона в вегетационный период здесь может достигать очень больших величин — 10 г/м³. В целом зона «цветения» как бы окаймляет с юго-востока область охлажденных вод.

Очаги обильного «цветения» (у о. Нунивак, б. Моллер, м. Пирс) совпадают с участками повышенного содержания взвеси в придонных слоях воды [10]. Однако остается неясным, почему на шельфе восточной части моря южнее 60° с. ш., где «цветение», судя по нашим данным [19], более обильно, а также, видимо, и более продолжительно, чем к северу от 60 параллели, количество взвеси в придонных слоях и органического углерода в грунте меньше, чем севернее 60° с. ш. [10]. Возможно, что известную роль здесь играют направления течений.

В районе свала в океанических водах концентрируются океанические виды. Наиболее массовым из них является *E. bungii*. В средней части мелководья в несколько опресненных водах доминируют широко распространенные поверхностные виды *P. elongatus* и *C. finmarchicus* и, наконец, в прибрежной зоне большого опреснения преобладают неритические *A. longiremis* и *C. mcmurichi*.

В 1958 г. по сравнению с 1959 г. в юго-восточном районе слой остаточного зимнего охлаждения занимал меньшую площадь и имел более высокую температуру [9]. По-видимому, этим следует объяснить то, что в 1958 г. (рис. 3а) виды океанической группировки проникали далеко на шельф, особенно северней о-вов Прибылова и у о. Унимак, т. е. там, где на шельф проникают и донные животные верхнебатиального субарктическо-бореального комплекса [10].

В 1958 г. создались условия, благоприятные и для интенсивного развития *C. finmarchicus* и *P. elongatus*. В 1959 г. (рис. 3б) в юго-восточном районе *C. finmarchicus* и *P. elongatus* имели малую биомассу и численность, виды океанической группировки на шельф проникали в небольшом количестве. Расширение района планктонных работ в 1959 г. позволило отметить проникновение далеко на шельф видов океанической группировки у о. Лаврентия, т. е. там, где воды в 1959 г. были теплее, чем в 1958 г. Можно предположить, что в 1958 г. на этом участке виды океанической группировки на шельф не проникали.

На биомассе планктона на самом шельфе в 1959 г. отрицательно сказалось резкое уменьшение биомассы и численности *C. finmarchicus* и *P. elongatus* (средняя биомасса 100—200 мг/м³ против 200—500 мг/м³ в 1958 г.), а также отсутствие в водах шельфа в сколько-нибудь значительных количествах видов океанической группировки (наибольшая биомасса планктона в 1958 г. к северу от о-вов Прибылова была образована в основном *C. plumchrus*). На свале, где гидрологический режим более стабилен, существенных изменений биомассы зоопланктона не наблюдалось.

Можно думать, что для планктоноядных рыб наиболее благоприятные условия откорма создаются в годы с интенсивным прогревом вод. Однако для окончательного решения этого вопроса необходимы детальные сезонные исследования планктона этого района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродский К. А. Зоогеографическое районирование пелагиали дальневосточных морей и северной части Тихого океана (по Calanoida). ДАН СССР. Т. 102, № 3, 1955.
2. Бродский К. А. Фауна веслоногих рачков Calanoida и зоогеографическое районирование северной части Тихого океана и сопредельных вод. Изд. АН СССР, 1957.
3. Виноградов М. Е. Распределение зоопланктона в западных районах Берингова моря. Труды Всесоюзного гидробиологического общества. Т. VII. Изд. АН СССР, 1956.
4. Гейнрих А. К. О продукции копепод в Беринговом море. ДАН СССР. Т. 111, № 1, 1956.
5. Гейнрих А. К. Биологические сезоны в планктоне Берингова моря и горизонтальное распределение биомассы зоопланктона. Труды Института океанологии. Т. XXX. Изд. АН СССР, 1959.
6. Давидович Р. Л. Гидрохимические черты юго-восточной части Берингова моря. Труды ВНИРО. Т. 48, 1963.
7. Лубны-Герцык Е. А. Весовая характеристика основных представителей зоопланктона Охотского и Берингова морей. ДАН СССР. Т. 91, № 4, 1953.
8. Лубны-Герцык Е. А. Планктонные индикаторы течений. Труды ИОАН. Т. XIII, 1955.
9. Натаров В. В. О водных массах и течениях Берингова моря. Труды ВНИРО. Т. 48, 1963.
10. Нейман А. А. Количественное распределение бентоса на шельфе и верхних горизонтах склона восточной части Берингова моря. Труды ВНИРО. Т. 48, 1963.
11. Семина Г. И. О двух зональных группировках фитопланктона (на примере Берингова моря). ДАН СССР. Т. 101, № 2, 1955.
12. Скалкин В. А. Питание камбал в юго-восточной части Берингова моря. Труды ВНИРО. Т. 48, 1963.
13. Степанова В. С. Биологические показатели течений в северной части Берингова и южной части Чукотского морей. Иссл. морей СССР. Вып. 25, 1937.
14. Data record of oceanographic observations and exploratory fishing. N 1, 2, 3, 4, 5, Nakodate, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961.
15. Johnson M. W. The production and distribution of zooplankton in surface waters of Bering Sea and Bering Strait. Part II. Report of oceanographic cruise U. S. coast guard cutter «Chelan», 1934.
16. Johnson M. W. Studies of plankton of the Bering and Chukchi Seas and adjacent areas. Contributions 1954. Scripps Institute of Oceanography, La Jolla, California, November, 1956.
17. Karohji K. Report from the «Oshoro Maru» on oceanographic and biological investigations in the Bering Sea and northern North Pacific in the summer of 1955. IV. Diatom standing crops and the major constituents of the populations as observed by net sampling. Bull. Fac. Fish. Hokkaido University. Vol. 8, № 4, 1958.
18. Minoda T. Report from the «Oshoro Maru» on oceanographic and biological investigations in the Bering Sea and northern North Pacific in the summer of 1955. V. Observations on copepod community. Bull. Fac. Fish. Hokkaido University. Vol. 8, № 4, 1958.
19. Phifer L. D. The occurrence and distribution of plankton diatoms in Bering Sea and Bering Strait, July 26 to August 24, 1934. University of Washington Oceanographic Laboratories. Part II. Report of oceanographic cruise U. S. coast guard cutter «Chelan» 1934.

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

597.582(265.2)

ПИТАНИЕ МОРСКИХ ОКУНЕЙ В БЕРИНГОВОМ МОРЕ

В. А. Скалкин

ТИНРО

Изучение биологии морских окуней Берингова моря было начато в 1958 г. Летом этого года на судне Беринговоморской научно-промысловой экспедиции РТ «Огонь» в конце августа — сентябре проводились траловые работы по обнаружению промысловых скоплений рыб на свале и прилегающих участках шельфа в районе от мыса Наварин до о-вов Прибылова. Исследования, проведенные на этом судне, показали, что в районе свала на обширном пространстве имеются значительные скопления морских окуней, которые могут являться объектом специального промысла.

В период траловых работ на РТ «Огонь» собирали материал для изучения биологии рыб, в том числе окуней. Большое внимание при этом было уделено исследованию вопросов питания, которое в некоторые периоды года имеет решающее значение в распределении и поведении промысловых скоплений этих объектов. Изучение же закономерностей в распределении и поведении промысловых скоплений рыб дает возможность правильно распределить суда на промысле. Небольшой материал по биологии морских окуней был собран с РТ «Пелагида» в апреле 1959 г. в период поиска их промысловых скоплений.

С весны 1960 г. в связи с организацией и развитием промысла окуней в Беринговом море были продолжены исследования их биологии, в том числе и питания. Материал собирался на двух судах экспедиции: РТ «Огонь» и СРТ «Байдар». На РТ «Огонь» работы проводились во второй половине апреля юго-восточнее о-вов Прибылова в районе нереста (вымета личинок) тихоокеанского морского окуня — *Sebastes alutus* (Gilbert) и отчасти многоиглого морского окуня — *Sebastes polyspinis* Taranetz et Moiseev на глубинах 300—400 м, а также со второй половины июля по первую половину августа северо-западнее и западнее о-вов Прибылова на шельфе и свале в районе нагула части стада окуней.

На СРТ «Байдар» эти исследования проводились со второй поло-

вины мая по первую половину августа* восточнее о-вов Прибылова с выходом в отдельных районах на материковый шельф.

В районе исследований экспедиционных судов в 1960 г. работал и промысловый флот. С марта по 15 октября им было добыто 110 тыс. ц морского окуня. Основным объектом добычи являлся тихоокеанский морской окунь и в меньшей степени, особенно в период нереста, многоиглый. Остальные виды встречаемых здесь окуней: аляскинский — *Sebastolobus alascanus* Bean, глубоководный — *Sebastes introniger* (Gilbert) и нитчатый — *Sebastes ciliatus* (Tilesius) в уловах были очень редки. Возможно, что эти виды малочисленны или обитают в больших количествах на иных глубинах, чем тихоокеанский и многоиглый морские окуни, а поэтому не облавливаются как судами промыслового флота, так и поисковыми. Поэтому материал в основном был собран только для двух первых видов окуней. По *S. alutus* материал был собран за все годы исследований с апреля по сентябрь, для *S. polyspinis* — только в 1960 г. с апреля по июль. В статье используются материалы, собранные по размерному, половому составу, стадиям половозрелости и питанию окуней.

Исследования по питанию окуней состояли из сбора количественных проб, полевых наблюдений по визуальному определению состава пищи и степени наполнения желудков. Для количественного анализа было собрано в 1958 и 1960 гг. 1013** желудков тихоокеанского морского окуня, 125 — многоиглого окуня.

Сбор и обработку количественных проб по питанию проводили согласно методике ВНИРО [1], но с некоторыми изменениями: для количественных проб нами брались окуни не с пустыми и наполненными желудками, как рекомендует инструкция ВНИРО, а с желудками, имеющими различную степень наполнения. Это было вызвано тем, что в определенные периоды при поднятии окуней с больших глубин на поверхность желудки выворачиваются и пища, находящаяся в них, выбрасывается. В этом случае взятие проб по методике ВНИРО часто приводит к неправильному определению действительного соотношения особей с наполненными и пустыми желудками. Поэтому соотношение пустых и наполненных желудков обычно вычислялось нами не по малочисленной пробе на питание, а по общебиологической пробе в количестве не менее 50—100 окуней.

Второе отступление от методики ВНИРО заключалось в вычислении общих и частных индексов наполнения желудков только для питающихся особей, как это рекомендуется П. Л. Пирожниковым [3]. Безусловно, индексы наполнения, характеризующие интенсивность питания, при таком вычислении будут иметь более реальные показатели, чем при учете всего окуня в пробе — питающегося, с вывернутыми и пустыми желудками.

Общий характер и закономерности питания морских окуней в отчете нами даются на основании совместного анализа как количественных проб, так и многочисленных данных полевых наблюдений за составом пищи и степенью наполнения желудков без их вскрытия.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ И ПОВЕДЕНИИ ОКУНЕЙ

В литературе, за исключением систематических работ и кратких указаний по экологии, почти не освещена биология дальневосточных морских окуней. Поэтому чтобы правильнее понять некоторые черты поведения и характер распределения окуней, мы кратко излагаем здесь

* В 1960 г. автор принимал участие в апрельском рейсе РТ «Огонь», а в работах СРТ «Байдар» — со второй половины мая по 10 июля.

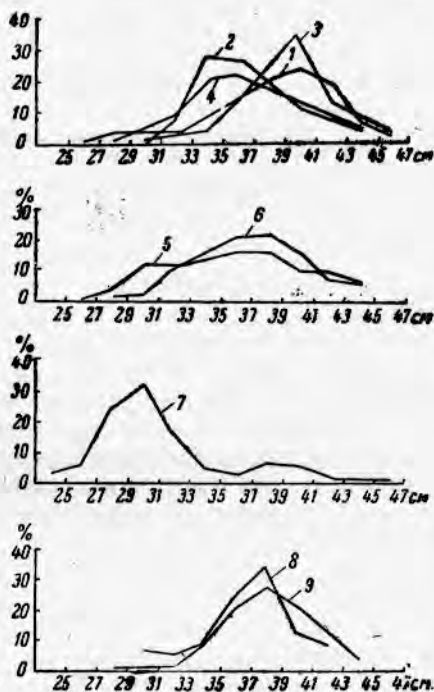
** Для 104 окуней не вычислены индексы наполнения, поскольку не был определен вес рыб.

предварительные результаты исследований по их биологии на основе материалов, собранных в течение апреля—сентября 1958—1960 гг.

Промысловые уловы тихоокеанского морского окуня в первой половине апреля были получены в 1959 г. с РТ «Пелагида» юго-восточнее и западнее о-вов Прибылова на глубинах 260—310 м. В первом районе пять тралений дали уловы от 5 до 20 ц, во втором четыре траления — от 10 до 50 ц. На свале северо-западнее о-вов Прибылова во второй половине апреля 1959 г. уловы не превышали 3 ц. Соотношение полов окуня и стадий зрелости самок во всех трех районах оказалось различным. Юго-восточнее о-вов Прибылова в промысловых уловах преобладали самки, а среди них — особи с половыми продуктами V стадии зрелости. Во втором районе, западнее о-вов Прибылова, в уловах преобладали самцы, а среди самок — особи с половыми продуктами V и VI* стадии

Рис. 1. Кривые размерного состава тихоокеанского морского окуня:

1 — 2—4 апреля 1959 г. юго-восточное о-вов Прибылова, $n = 413$, $M = 38$ см; 2 — 12—17 апреля 1959 г. западное о-вов Прибылова, $n = 305$, $M = 36,4$ см; 3 — 23—24 апреля 1959 г. северо-западное о-вов Прибылова, $n = 178$, $M = 38,5$ см; 4 — 18 апреля 1960 г. юго-восточное о-вов Прибылова, $n = 197$, $M = 36,8$ см; 5 — 20 мая 1960 г. юго-восточное о-вов Прибылова, $n = 300$, $M = 36$ см; 6 — 28 мая 1960 г. юго-восточное о-вов Прибылова, $n = 248$, $M = 37$ см; 7 — за вторую половину июня из уловов на глубине 130—180 м, $n = 1023$, $M = 31,08$ см; 8 — 2 августа 1960 г. на свале северо-западное о-вов Прибылова, $n = 100$, $M = 37,06$ см; 9 — 28 сентября 1958 г. на свале северо-западное о-вов Прибылова, $n = 97$, $M = 37,52$ см.



зрелости. Наконец, в северо-западном участке в небольших по величине уловах доминировали самцы, а большинство самок было представлено отнерестовавшими особями (табл. 1).

В течение апреля 1960 г. высокие промысловые уловы тихоокеанского морского окуня с небольшой примесью многоиглого встречались юго-восточнее о-вов Прибылова на глубинах 300—400 м. Большой процент в этих уловах составляли самки с преобладанием нерестовавших особей.

Как видно из рис. 1, кривые размерного состава тихоокеанского окуня за апрель 1959 и 1960 г. односторонне, но преобладающий размер по районам и периодам лова оказался различным. Наиболее крупный окунь был в уловах в начале апреля юго-восточнее о-вов Прибылова и в конце апреля 1959 г. — северо-западнее. В середине апреля как в 1959, так и в 1960 г. в уловах преобладал окунь несколько меньших размеров.

* V стадия зрелости соответствует вымету личинок, VI — выбою (мы пользуемся обычной шкалой зрелости половых продуктов рыб).

Таблица 1

Соотношение самок и самцов (в шт.) и состояние половых продуктов *S. alutus* в уловах за апрель

Дата	Район лова	Самки							Самцы						
		juv	II	III	IV	V	VI	n	II	III	IV	V	VI	n	
4/IV 1959 г	Юго-восточ- ное о-вов														
	Прибылова	—	4	1	—	78	5	88	6	—	—	—	—	6	
17/IV 1959 г.	Западнее о-вов														
	Прибылова	1	—	—	1	24	12	38	32	26	1	—	—	59	
23—24/IV 1959 г.*	Северо-за- паднее о-вов														
	Прибылова	—	7	—	—	22	25	54	7	12	100	—	—	119	
18/IV 1960 г.**	Юго-восточ- ное о-вов														
	Прибылова		5	1	1	87	23	120	82	8	—	—	—	90	

* Преобладание среди самцов особей с половыми продуктами IV стадии зрелости для этого периода сомнительно. Данные начальника рейса на РТ «Пелагида» Н. С. Фадеева.

** К нерестовым особям мы отнесли значительное количество самок с половыми продуктами IV—V стадии зрелости.

Соотношение полов морского окуня в уловах за апрель в различных районах исследований и преобладание нерестовавших самок только юго-восточнее о-вов Прибылова говорит о том, что в этом районе основная часть самок стада тихоокеанского окуня выметывает личинок. Началом нереста ориентировочно можно считать конец февраля—начало марта, окончанием — вторую половину апреля — начало мая.

На основании распределения уловов окуня в апреле по районам анализа полового состава и данных о местах основного нереста предполагаем наличие в зимне-весенний период миграций тихоокеанского окуня по свалу с юго-востока на северо-запад.

Начало миграций совпадает, по-видимому, с подходом окуня на нерест с мест зимовок, а поэтому их можно считать в этот период нерестовыми. Учитывая положение основного района нереста и общее направление миграций, можно считать, что зимние скопления тихоокеанского морского окуня находятся или в толще воды, или на значительных глубинах свала юго-восточнее о-вов Прибылова.

Состав мигрирующих косяков окуня в начале, по-видимому, носит смешанный характер. С подходом к местам нереста основной процент самок остается здесь для вымета личинок, а меньшая часть их вместе с самцами мигрирует дальше по свалу на запад и северо-запад. Хотя самцы тихоокеанского окуня и не принимают участия в нересте, часть их остается вместе с нерестовыми самками в основном районе вымета личинок. Возможно также, что наличие самцов в уловах в этом районе связано с прохождением мигрирующих косяков с мест зимовок.

Кроме горизонтальных миграций, тихоокеанский морской окунь в апреле, а затем и в последующие месяцы совершает вертикальные миграции по свалу с изменением глубины обитания. Так, например, основные нерестовые скопления приурочены к глубинам от 300 до 400 м, а скопления самцов и отнерестовавших самок в этот период обычно встречались на глубине 200—250 м.

Во второй половине мая уловы окуня юго-восточнее о-вов Прибылова резко уменьшаются, среди самок начинают преобладать отнерестовавшие особи, размерный состав такой же, как в апрельских уловах (см. рис. 1). Однако кривая размерного состава в мае более плавная и резко выраженной вершины не имеет. В уловах начинает встречаться

в значительных количествах молодь с половыми продуктами, развитыми до II стадии. С начала миграций и до конца мая окунь почти не питается, пища в небольшом количестве за этот период встречена у незначительного числа особей.

Большие по площади и плотности нагульные скопления тихоокеанского морского окуня и в меньшей степени многоиглобо были обнаружены в 1960 г. в начале второй половины июня на глубине 130—180 м. Западнее и восточнее этого района уловы были значительно меньше, падая в отдельных случаях до нескольких экземпляров.

Сравнение распределения уловов тихоокеанского окуня за апрель и июнь—июль подтверждает существование у него миграций, которые со второй половины мая являются нагульными.

В обнаруженном в июне 1960 г. районе нагула на материковом шельфе уловы тихоокеанского окуня состояли в основном из молодых неполовозрелых особей с небольшой примесью более крупных. Соответственно этому кривая размерного состава окуня здесь двухвершинная — большая вершина приходится на размер 29—31 см, меньшая, неярко выраженная, на 37—41 см (см. рис. 1). При определенных изменениях оснастки тралов, обеспечивающих поднятие нижней подборы над грунтом до 1 м, количество мелкого неполовозрелого окуня в уловах уменьшается, а половозрелого (более 32 см) увеличивается; обе вершины размерной кривой становятся примерно равными. Если сравнивать кривые размерного состава из уловов за период с апреля по июнь, то оказывается, что половозрелый окунь размером более 32—33 см, обычно преобладающий в уловах в апреле—мае, в июньских нагульных скоплениях на материковом шельфе почти полностью отсутствует.

Где же находятся районы нагула окуня этого размера? На этот вопрос нам дает ответ анализ распределения уловов и размерного состава окуня за сентябрь 1958 и август 1960 г. в период поисковых работ на свале. Как показывает рис. 1, на свале в августе—сентябре преобладает окунь размером более 32—33 см. Скопления этого окуня различной концентрации наблюдаются в августе—сентябре по свалу от о-вов Прибылова почти до 179° з. д.

Характер распределения уловов и анализ размерного состава тихоокеанского окуня за период с апреля по сентябрь показывают, что основная часть половозрелого окуня совершает довольно большие миграции по свалу, где происходит и нагул. Неполовозрелый окунь (менее 32 см) и небольшая часть крупного окуня нагуливаются в летний период на материковом шельфе.

О путях миграций молоди тихоокеанского окуня с мест зимовок на нагул из-за отсутствия достаточного материала судить трудно. Однако наличие его в значительных количествах в уловах на свале сначала северо-западнее, а затем южнее о-вов Прибылова в августе и сентябре совместно с крупным в период намечающегося отхода на места зимовок указывает, что направление миграций молоди и половозрелого окуня совпадает. Возможно, что при совпадении направления миграции половозрелого и неполовозрелого окуней в период отхода на зимовку весной молодь перемещается в районы нагула, или в толще воды, или на глубинах менее 200 м.

Нагул неполовозрелого окуня в пределах шельфа заканчивается во второй половине августа. К этому времени молодь начинает отходить на свал и смешивается с косяками более крупного окуня. Эти смешанные косяки уже с преобладанием крупного окуня держатся на значительном пространстве свала почти весь сентябрь, но к концу месяца намечается тенденция отхода на юго-восток. Это подтверждается увеличением уловов в сентябре южнее о-вов Прибылова, где в июне они были очень низкие, и смещением в конце сентября — начале октября 1960 г. в этот район промыслового флота.

Основные моменты биологии многоиглого и тихоокеанского окуней одинаковы. Различны у них только горизонты обитания: многоиглый окунь почти во все периоды года придерживается меньших глубин, чем тихоокеанский.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПИЩЕВОГО СПЕКТРА И ТИП ПИТАНИЯ МОРСКОГО ОКУНЯ

В желудках тихоокеанского окуня за период с апреля по сентябрь было обнаружено сравнительно небольшое количество объектов питания (табл. 2). По систематическим группам эти объекты по количеству видов распределяются следующим образом: гребневики — 1, полихеты — 1, щетинко-челюстные — 1, ракообразные — 16, моллюски — 2, иглокожие — 2, рыбы — 2.

Из таблицы видно, что в пищевом спектре морского тихоокеанского окуня по количеству видов преобладает группа ракообразных, состоящая из форм с планктонным и нектобентическим образом жизни. Планктонные формы представлены каланидами (5 видов), эуфаузиевыми (4 вида) и гипериидами (1 вид), а нектобентические — мизидами (3 вида), бокоплавами (1 вид) и креветками (2 вида).

Интересно, что все планктонные формы, являющиеся объектами питания окуня в период интенсивного нагула, в массовых количествах летом встречаются только в глубинных слоях или придонных горизонтах моря. Среди других групп, за исключением иглокожих, тихоокеанским окунем потребляются такие виды, которые также обитают в различных горизонтах пелагиали. К ним относятся гребневики, личинки полихет, щетинко-челюстные, кальмары, рыбы и их мальки. Чисто бентосными формами, которые встречены в желудках окуня, являются иглокожие.

Общее количество объектов питания многоиглого окуня несколько меньше, чем тихоокеанского, что, возможно, объясняется более коротким периодом наших исследований по этому виду. По сравнению с тихоокеанским в пищевом спектре многоиглого окуня не встречены некоторые виды каланид, эуфаузиид, бокоплавов, иглокожих и совершенно отсутствуют мизиды, креветки, личинки полихет и рыбы. Только в желудках многоиглого окуня обнаружены крылоногие моллюски, личинки брюхоногих моллюсков и аппендикулярии.

Большинство видов, встреченных в желудках многоиглого окуня, являются планктонными организмами, незначительная часть ведет нектобентический образ жизни и только один вид относится к донным животным.

Из приведенных данных видно, что наиболее мелкие размеры пищевых объектов окуней характерны для личинок полихет и брюхоногих моллюсков и для группы каланид; средние размеры имеют эуфаузииды, щетинко-челюстные, мизиды, гиперииды и бокоплавы; наиболее крупные объекты питания встречены среди креветок, головоногих моллюсков и рыб.

Из общего количества организмов, потребляемых окунями, только немногие формы преобладают по весу в пищевом комке и наиболее часто встречаются в желудках. У тихоокеанского окуня такими видами являются *Calanus cristatus*, *C. plumchrus*, *C. glacialis*, *Thysanoessa longipes*, *Th. raschii*, *Th. inermis*, мизиды и кальмары, у многоиглого — *Thysanoessa longipes*. В несколько меньших количествах, но тоже довольно часто в пищевом комке тихоокеанского окуня отмечены *Sagitta elegans*, мальки макруров, а у многоиглого — *Calanus cristatus*, *C. plumchrus*, *Sagitta elegans* и кальмары (см. табл. 2).

Остальные объекты питания в желудках обоих видов окуней встречаются в небольших количествах; некоторые из них имеют высокую

Таблица 2

**Состав и характеристика пищевого спектра морских окуней
Берингова моря (по пробам)**

Объекты питания	Тихоокеанский		Многоиглый	
	максимальный вес в % от веса пищи	максимальная частота встречаемости	максимальный вес в % от веса пищи	максимальная частота встречаемости
<i>Calanus cristatus</i> V	86,4	100,0	28,1	79,2
<i>Calanus plumchrus</i> V	85,6	100,0	11,0	37,5
<i>Calanus glacialis</i> V	30,0	72,0	—	—
<i>Eucalanus bungii</i> V	4,7	28,7	Ничтожен	4,2
<i>Parachoeta japonica</i> V	1,2	4,8	—	—
<i>Thysanoessa longipes</i>	100,0	100,0	91,5	100,0
<i>Thysanoessa raschii</i>	84,6	100,0	—	—
<i>Thysanoessa inermis</i>	98,6	100,0	Ничтожен	14,3
<i>Euphasia pacifica</i>	2,1	7,2	—	—
<i>Mysidae</i> sp. (3 вида)	84,8	95,0	—	—
<i>Themisto</i> sp.	5,3	66,7	0,1	14,3
<i>Anonyx nygax</i>	—	—	0,1	5,4
<i>Amphipoda</i> sp.	3,6	38,1	—	—
<i>Pandalidae</i> sp. (2 вида)	10,7	14,3	—	—
<i>Sagitta elegans</i>	17,2	41,7	10,5	41,7
<i>Beroe cucumis</i>	6,7	11,1	9,1	8,9
<i>Polychaeta</i> sp. larva	Ничтожен	8,3	—	—
<i>Cephalopoda</i> sp. (2 вида)	47,4	75,9	11,5	25,7
<i>Clione limacina</i>	—	—	7,7	16,7
<i>Gastropoda</i> larva	—	—	0,4	1,8
<i>Oicopleura</i> sp.	—	—	6,4	8,3
<i>Gorgonocephalus</i> sp.	Ничтожен	5,0	0,2	1,8
<i>Ophiura leptotenaria</i>	То же	1,9	—	—
<i>Macruridae</i> sp. мальки	17,6	66,7	—	—
Светящийся анчоус	1,4	2,9	—	—

Размеры объектов питания морских окуней (в мм)

Объекты питания	Тихоокеанский	Многоиглый
Гребневики	Фрагменты	Фрагменты
Личинки полихет	3—4	—
Щетинко-челюстные	24—32	24—30
Каланиды V стадии	4—10	4—10
Мизиды	12—45	—
Эуфаузииды	8—30	12—32
Гиперииды	4—15	6—12
Бокоплавы	6—20	14—21
Креветки	40—60	—
Моллюски		
головонogie	15—55	15—110
крылоногие	—	12—16
Личинки брюхоногих моллюсков	—	2—3
Иглокожие	Фрагменты	Фрагменты
Аппендикулярии	—	6
Рыбы	46—95	—

частоту встречаемости, другие — низкую. По-видимому, эти виды являются или постоянными или временными спутниками в массовых скоплениях основных пищевых объектов окуней.

Совершенно случайными объектами питания для окуней должны считаться виды группы иглокожих, которые встречены всего лишь в 2—3 желудках как фрагменты. Присутствие их в желудках мы объясняем случайным попаданием при заглатывании окунем иной пищи.

В литературе по дальневосточным морям имеется указание о том, что все морские окуни-хищники, питающиеся рыбами, а также мизидами и гребневиками [2].

Наши данные, полученные за довольно длительный промежуток времени, показывают, что тихоокеанский и многоиглый окуни потребляют в основном планктонные организмы и отчасти виды, ведущие нектобентический образ жизни. Часть планктонных форм, потребляемых окунями, являются батипелагическими (*Calanus cristatus*, *Thysanoessa longipes*), другие — холодолюбивыми (*Calanus plumchrus*, *C. glacialis*, *Thysanoessa raschii*) видами, в массовых количествах летом встречающимися только в глубинных слоях воды.

Преобладание в составе пищи таких видов планктона дает нам полное право отнести тихоокеанского и многоиглого окуня к батипланктофагам с частичным потреблением в зависимости, по-видимому, от времени и района питания нектобентических организмов.

Особенности строения глоточного аппарата тихоокеанского окуня также указывают на то, что этот вид является планктофагом. Челюстные, верхнеглоточные и нижнеглоточные зубы этого окуня — остроконические и очень мелкие, не способные к удержанию крупной и подвижной добычи.

Интересно устройство и расположение жаберных тычинок, которым обычно отводится фильтрующая роль. На каждой жаберной дуге, за исключением последней, у тихоокеанского окуня имеются наружные и внутренние жаберные тычинки. Наружные тычинки на первой дуге тонкие и длинные в количестве от 35 до 37, внутренние трехугольной формы и короткие от 25 до 28. На каждой последующей жаберной дуге тычинки с обеих сторон только короткие и расположены так, что вершина каждой тычинки заходит между вершинами двух таких же тычинок противоположной дуги. Такое расположение жаберных тычинок образует густую щетку, служащую для отсеживания планктонных организмов (рис. 2).

Рис. 2. Строение глоточного аппарата морского окуня:

а — нижнеглоточные зубы; б — верхнеглоточные зубы; в — жаберные тычинки.

На всех тычинках и частично на жаберных дугах имеются густо посаженные небольшие конические шипы, которые вместе с глоточными зубами, направленными внутрь, способствуют, вероятно, удержанию более крупных планктонных и нектобентических организмов.

СОСТАВ ПИЩИ ОКУНЕЙ ПО РАЙОНАМ

Общий видовой состав объектов питания окуней по пробам из отдельных районов может быть различным. Но, как правило, анализ содержимого желудков показывает, что отличие наблюдается только среди второстепенных, а не основных форм питания. Эти второстепенные объекты потребления, или спутники, как мы их назвали выше, всегда

имеют незначительный удельный вес при различной частоте встречаемости.

В большинстве районов основными объектами питания окуней, преобладающими по весу и частоте встречаемости в желудках, служат немногие виды каланид и эуфаузиид. Изредка эти группы организмов у тихоокеанского окуня заменяются мизидами и кальмарами. Увеличение или преобладание в пище мизид и кальмаров начинает наблюдаться у окуней, выловленных на глубине около 300 м (табл. 3). На глубинах 200—280 м основное значение в пище имеют эуфаузииды, а с выходом окуня на материковый шельф, т. е. на глубины менее 200 м, — каланиды. Кроме того, преобладание в пище эуфаузиид и каланид зависит не только от глубины обитания окуня, но и от соотношения его размерных групп в уловах.

Из табл. 4 видно, что окунь размером до 32—33 см при питании отдает предпочтение группе каланид, а более крупный — эуфаузидам, хотя процент каланид и у него остается довольно большим.

Как показали исследования, окунь размером до 32—33 см в массе является неполовозрелым. При значительном преобладании такого окуня в пробе его пищу составляют каланиды. Если в улове преобладает окунь половозрелый, размером свыше 32 см, то на глубинах более 200 м основными объектами его питания являются эуфаузииды, а на материковом шельфе — и эуфаузииды и каланиды (табл. 3).

У многоиглового окуня зависимость состава пищи от соотношения размерных групп выражена менее резко, чем у тихоокеанского. В большинстве исследованных нами уловов многоиглый окунь был более 32 см и основными объектами его питания и на свале и даже на материковом шельфе являлись эуфаузииды. Возможно, что и у этого вида более мелкий, неполовозрелый окунь питается за счет каланид, но он, по-видимому, распространен на еще меньших глубинах, чем молодь тихоокеанского окуня.

В местах откорма тихоокеанский окунь потребляет массовые формы фауны. На это указывает, во-первых, послойное расположение в желудках в большом количестве основных форм питания и, во-вторых, сравнение состава содержимого желудков окуня и проб планктона из одного и того же района (табл. 5).

Как видно из таблицы, в планктоне северо-западнее о-вов Прибылова в июне доминировал *Calanus cristatus*, который и в желудках окуня здесь представлен большим процентом. Полное отсутствие эуфаузиид в пробе планктона при значительном количестве их в желудках окуня легко объяснимо. Дело в том, что эуфаузииды в летний период обычно скапливаются только в придонных горизонтах моря и поэтому планктонными сетями почти не улавливаются.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПИТАНИЯ И ПИЩЕВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОКУНЕЙ

В течение апреля и мая окуни почти не питаются, только у немногих особей в этот период обнаружены в желудках следы пищи (табл. 6). Отсутствие пищи в это время наблюдается как у нерестующих и отнерестовавших самок, так и у самцов.

Впервые значительное количество питающихся особей как тихоокеанского, так и многоиглового окуней встречено в конце первой половины июня южнее и юго-западнее о-вов Прибылова. В этом же районе проводились исследования и в начале июня, но питающегося окуня тогда здесь не было обнаружено. Поэтому началом откорма окуней можно считать первую половину июня, а первым районом нагула — участки южнее и юго-западнее о-вов Прибылова. Начало сроков питания окуней, по-видимому, связано с развитием в планктоне массовых батипелагических и холодолюбивых видов каланид Берингова моря. По

Таблица 3

Данные по питанию окуней по пробам из различных районов

№ траля	Глубина траления, м	Средний об-щий индекс	Основные объекты питания	Частный индекс в % от общего	Частота встречаемости, %	Количество окуня (в шт.) размером	
						до 32 см	более 32 см

Тихоокеанский морской окунь

Июнь 1960 г.

Южнее о-вов Прибылова

65—66	200/275***	100,5	Эуфаузииды*	100,0	100,0	—	13
69	285	30,7	Мизиды	82,4	95,0	—	20
70	250/146	64,7	Каланиды**	60,5	75,5	30	23
			Эуфаузииды	38,2	54,7		
75	170/210	59,3	»	51,8	90,9	—	11
			Каланиды	40,5	63,6		
79	225/270	16,5	Эуфаузииды	79,4	100,0	—	21
84	350/300	119,9	Мизиды	84,8	88,9	—	9
90	160	58,5	Каланиды	82,4	85,7	4	3

Западнее о-вов Прибылова

91	210	69,4	Эуфаузииды	95,0	97,4	4	72
95	180/145	81,7	»	96,8	97,4	2	36
98	175/195	40,1	Каланиды	58,1	81,5	4	23
			Эуфаузииды	37,2	63,0		
101	240/165	23,9	»	43,9	83,3	3	15
			Каланиды	39,4	61,1		
102	185/165	18,5	Эуфаузииды	66,0	66,7	—	12

Северо-западнее о-вов Прибылова

117	290/240	9,4	Эуфаузииды	80,9	66,7	—	12
123	135	106,0	Каланиды	88,6	100,0	65	3
125	140	158,8	Эуфаузииды	55,0	97,7	32	11
			Каланиды	43,2	95,4		
131	137	170,2	»	59,9	92,7	41	41
			Эуфаузииды	39,9	72,0		
135	147	34,0	Каланиды	99,7	94,2	17	—
136	150	100,6	»	99,5	100,0	18	—
137	142	126,2	»	89,9	100,0	18	—
138	142	100,1	»	99,9	100,0	19	—
139	142	110,0	»	95,9	100,0	19	—
140	145	113,6	»	95,4	100,0	19	—
142	142	167,4	»	91,8	100,0	20	—
143	137	204,5	»	56,0	100,0	6	16
			Эуфаузииды	42,1	100,0		
153	140	68,6	Каланиды	61,2	82,6	14	9
			Эуфаузииды	38,4	56,5		
155	137	77,9	Каланиды	92,9	93,1	27	2
156	137	35,5	»	47,1	50,0	—	16
			Эуфаузииды	34,9	81,3		
159	140	111,5	Каланиды	81,7	85,0	2	18
			Эуфаузииды	16,4	75,0		
171	147	74,1	Каланиды	98,3	88,0	23	2
172	135	401,4	»	100,0	100,0	30	—
173	140	193,0	»	99,2	100,0	25	—

Июль 1960 г.

176	145/180	309,5	Каланиды	51,7	100,0	7	21
			Эуфаузииды	48,2	96,4		

Август 1958 г.

Юго-восточнее мыса Наварин

309	240		Эуфаузииды	75,0	66,7	1	23
-----	-----	--	------------	------	------	---	----

№ траля	Глубина траления, м	Средний общий индекс	Основные объекты питания	Частный индекс в % от общего	Частота встречаемости %	Количество окуня (в шт.) размером	
						до 32 см	более 32 см
Сентябрь 1958 г.							
325	280/300		Эуфаузииды	52,6	86,2	—	29
			Кальмары	47,4	75,9		
Северо-западнее о-вов Прибылова							
348	160/350		Эуфаузииды	84,6	100,0	—	6
Южнее о-вов Прибылова							
406	175/340	122,7	Эуфаузииды	98,6	100,0	1	33
Многоиглый окунь							
Июнь 1960 г.							
70—71	250/145	97,4	Эуфаузииды	71,8	85,7	1	55
Северо-западнее о-вов Прибылова							
126	140	181,9	Эуфаузииды	91,5	100,0	2	8
131	137	197,2	»	77,5	94,3	1	34
159	140	56,2	Каланиды	39,1	79,2	2	22
			Эуфаузииды	36,3	83,3		

* В 1960 г. во всех пробах преобладала *Thysanoessa longipes*.

** В большинстве проб представлены *Calanus cristatus*.

*** В числителе глубина в начале траления, в знаменателе — в конце.

Таблица 4

Состав (в % от веса) пищи тихоокеанского морского окуня в зависимости от размера в июне 1960 г.

Объекты питания	Размер, см									
	26—	28—	30—	32—	34—	36—	38—	40—	42—	44

Трал № 131

Каланиды	97,7	86,2	80,6	53,8	49,4	33,3	35,3	17,4	—	
Эуфаузииды	1,0	13,8	19,4	46,2	50,6	66,7	63,1	82,6	100	
Количество желудков	3	12	26	16	2	5	9	8	1	

Трал № 143

Каланиды	—	80,1	76,1	63,4	37,3	43,8	50,4	35,5	—	
Эуфаузииды	—	19,8	23,3	34,3	61,2	56,2	48,2	53,8	—	
Количество желудков	—	3	3	1	3	3	5	4		

данным А. К. Гейнрих *, биомасса этих каланид достигает годового максимума в теплых районах моря в июне, когда и у окуней наблюдается начало питания. Кроме того, в этот период отнерестовавшие эуфаузииды опускаются с поверхности ко дну, где их в больших количествах начинают поедать окуни.

В начале откорма у окуней преобладают желудки со слабым и средним наполнением, пустых и растянутых желудков очень мало. Средние общие индексы по пробам в первом районе нагула колеблются очень

* А. К. Гейнрих. Сезонные явления в зоопланктоне Берингова моря. М., 1955.

Таблица 5

Состав пищи тихоокеанского морского окуня и состав планктона
(в % от веса) северо-западнее о-вов Прибылова в середине июня

Объекты питания	Состав пищи окуня		Состав* планктона в слое 0—100 м
	трал № 125	трал № 131	
Эуфаузииды	55,0	39,8	—
Calanus cristatus	38,5	59,4	40
Calanus plumchrus	4,7	0,5	15
Eucalanus bungii	—	—	20
Sagitta elegans	1,6	0,2	5
Прочие	0,2	0,1	20

* Проба планктона взята в конце 129 траления, обработка произведена сотрудником СахТИНРО Н. А. Ивлевой.

Таблица 6

Степень наполнения желудков окуней по периодам и районам обследования

Дата	Район лова	Наполнение желудков, %						Количе- ство желудков
		0	1	2	3	4	В*	
Тихоокеанский морской окунь								
15—28/IV	Юго-восточнее о-вов Прибылова . . .	90,0	6,7	1,3	—	—	2,0	300
18—28/V	То же	97,4	1,4	0,9	—	—	0,3	350
2—3/VI	Южнее и юго-западее о-вов Прибылова	54,6	6,2	—	—	—	39,2	97
9—14/VI	То же	2,9	39,4	22,9	12,9	4,3	17,6	170
17—31/VI	Северо-западнее о-вов Прибылова . .	2,6	15,8	17,7	21,8	28,6	13,5	385
1—2/VII	То же	—	3,2	3,2	15,9	68,2	9,5	63
31/VIII—								
—3/IX	Юго-восточнее мыса Наварин	37,0	29,0	28,0	4,0	2,0	—	101
5/IX	Северо-западнее о-вов Прибылова . .	88,0	12,0	—	—	—	—	50
22/IX	Южнее о-вов Прибылова	74,8	9,2	10,6	2,7	2,7	—	143
Многоиглый окунь								
26/IV	Юго-восточнее о-вов Прибылова . . .	96,0	2,0	—	—	—	2,0	50
9/VI	Южнее о-вов Прибылова	5,1	44,9	29,5	14,1	2,6	3,8	78
17—26/VI	Северо-западнее о-вов Прибылова . .	9,1	22,7	20,5	15,9	22,7	9,1	88

* Вывернутые желудки.

сильно, от 16,5 до 120⁰/₀₀₀ (см. табл. 3). Максимальные уловы окуней в этом районе нагула не превышают 3 ц за траление, обычно же они меньше. Еще более низкие уловы окуня и незначительная интенсивность питания обнаружены западнее (см. табл. 3, трал № 117). По-видимому, последний район и участки южнее и юго-западнее о-вов Прибылова являются краевыми зонами нагула, где состояние кормовой базы в этот период не обеспечивает промысловых скоплений окуня.

Интенсивный откорм больших промысловых скоплений окуней был обнаружен в начале второй половины июня на глубинах от 130 до 180 м. Окуней с пустыми желудками в этом районе было немного, а в большинстве проб они совсем отсутствовали, обычно преобладали желудки с наполнением в 3 и 4 балла (см. табл. 6). Особенно усиленный откорм наблюдался здесь в начале июля. Средние общие индексы наполнения желудков в общем хотя и резко колебались (34—401⁰/₀₀₀), но в большинстве проб имели примерно равное значение (100—200⁰/₀₀₀). Как правило, низкие показатели индекса очень редки, а резкое повышение обычно

было связано с увеличением в пробе окуня размером 15—18 см, который питается более интенсивно, чем крупный.

По визуальным наблюдениям интенсивное питание окуней на шельфе продолжается до конца июля—начала августа. В это время у окуней начинают преобладать желудки с наполнением 2 и частично 3 балла.

К середине августа кормовая биомасса в районе интенсивного нагула в результате выедания, по-видимому, резко уменьшается и косяки окуня начинают отходить на свал. В конце августа—начале сентября питание окуней во всех районах свала становится очень слабым, в уловах преобладают особи с пустыми желудками (см. табл. 6).

Анализируя интенсивность питания окуней за период с апреля по сентябрь, можно сделать вывод, что весной и осенью окунь питается очень слабо. Основной период нагула с интенсивным откормом длится с первой половины июня до середины августа у неполовозрелого и отчасти крупного окуня на участках материкового шельфа, а у основной массы половозрелого окуня — на свале.

Предполагаем, что зимой питание окуня слабое, поскольку он обитает в этот период на больших глубинах, где отсутствуют значительные скопления его пищевых объектов из планктонных. Возможно, что зимой окунем потребляются нектобентические креветки и мальки промысловых рыб, которые не создают больших скоплений. Наличие таких пищевых объектов зимой было отмечено в желудках тихоокеанского окуня в районе Северных Курильских о-вов А. П. Николаевым в 1959 г.

В 1960 г. был собран материал для изучения интенсивности питания окуня в течение дневного времени суток *. С 8 до 20 часов из 6 тралений 21 июня были взяты пробы одноразмерного окуня (28—32 см) на питание с дублированием утренней пробы на следующие сутки. Сбор материала проводился из уловов с глубины 140—150 м.

Анализ взятых проб показал, что тихоокеанский окунь в течение дня питается неодинаково. Наиболее интенсивно окунь питается до полудня, наименьшее наполнение желудков отмечено утром. К вечеру питание окуня по сравнению с полднем несколько снижается, но все же показатели его выше утреннего (табл. 7).

Таблица 7
Интенсивность питания и состав пищи (в % от веса)
тихоокеанского морского окуня одноразмерного состава в дневное
время суток

Основные объекты и интенсивность питания	Время суток*, часы						
	8	10	12	14	16	18	20
<i>Calanus cristatus</i>	60,2	86,4	82,6	81,3	53,7	69,7	
<i>Calanus plumchrus</i>	38,5	13,1	7,3	18,6	37,6	22,1	
Средний общий индекс, ‰	34,0	100,6	126,2	100,0	110,0	113,6	
Количество желудков	17	18	18	19	19	19	

* Во всех таблицах дается камчатское время

Интересно отметить, что в течение дня наблюдается не только изменение интенсивности питания окуня, но и изменение процентного состава основных объектов питания. Хотя во всех пробах по абсолютному количеству преобладает *Calanus cristatus*, но утром и к вечеру его значение несколько меньше, чем в полдень. Такое изменение процентного состава *C. cristatus*, по-видимому, связано как с его биологией, так и с поведением окуня в течение суток.

* Собрать материал по суточному ритму питания окуней не удалось, так как траловые работы ночью не производились.

Во время траловых работ было замечено, что днем окунь обычно придерживается придонных горизонтов моря, а к вечеру начинает подниматься в слои воды, лежащие выше. Наибольшие скопления батипелагического вида *S. cristatus* днем, по-видимому, тоже приурочены к придонным горизонтам и поэтому он преобладает в пище окуня.

В дублированной утренней пробе следующих суток интенсивность питания окуня оказалась очень высокой (167‰). Это указывает на то, что пища переваривается и проходит через кишечный тракт более суток. Такая длительность переваривания подтверждается также и состоянием пищи в желудках окуня из всех проб полусуточной станции. В этот период объекты питания имели хорошую сохранность в желудках и легко подвергались разборке по видам. В дублированной пробе пища в желудках находилась в сильно переваренном состоянии.

Закономерность увеличения интенсивности питания тихоокеанского окуня к полудню с последующим небольшим спадом к вечеру прослеживается и по пробам, взятым в близкие часы, но за более длительный промежуток времени. Для этого мы объединили пробы, взятые только в одном районе нагула, северо-западнее о-вов Прибылова, и на одинаковых горизонтах обитания окуня.

Иная закономерность питания днем наблюдалась у среднего и крупного окуня на глубине более 200 м южнее и юго-западнее о-вов Прибылова. Здесь обычно наибольшая интенсивность питания отмечалась в утренние часы, днем она уменьшалась и к вечеру возрастала снова, но не достигала утренних значений. Возможно, что снижение интенсивности питания днем у окуня на глубинах более 200 м связано с распре-

Таблица 8

Состав (в % от веса) и степень сходства пищи окуней по отдельным районам

Объекты питания	Южнее о-вов Прибылова		Северо-западнее о-вов Прибылова			
	тралы № 70—71		трал № 131		трал № 159	
	Т	М	Т	М	Т	М
<i>Thysanoessa longipes</i>	38,2	71,8	39,8	77,5	16,4	36,3
<i>Calanus cristatus</i>	25,7	8,2	59,4	7,2	74,6	28,1
<i>Calanus plumchrus</i>	34,8	2,1	0,5	—	7,1	11,0
<i>Themisto</i> sp.	—	0,1	—	—	—	—
<i>Anonyx nugax</i>	—	0,1	—	—	—	—
<i>Beroe cucumis</i>	—	9,1	—	—	—	—
<i>Sagitta elegans</i>	1,3	8,0	0,2	2,5	1,9	10,5
<i>Cephalopoda</i> sp.	—	—	—	11,5	—	—
<i>Clione limacina</i>	—	—	—	1,3	—	7,7
<i>Gastropoda</i> sp. larva	—	0,4	—	—	—	—
<i>Gorgonocephalus</i> sp.	—	0,2	—	—	—	—
<i>Oicopleura</i> sp.	—	—	—	—	—	6,4
Прочие	—	—	0,1	—	—	—
Степень сходства пищи, %	49,8		47,2		53,5	

Примечание. Т — тихоокеанский морской окунь, М — многоиглый.

делением скоплений основного объекта питания на этих глубинах — эуфаузиевых, которые в массе распространены выше горизонта обитания окуней. Ночью окунь, по-видимому, поднимается по свалу выше 200 м и откармливается за счет эуфаузиевых, а к утру он опускается на большие глубины и днем интенсивность питания снижается. Однако это предположение требует проверки, поскольку мы располагаем небольшим материалом и не за все часы дня.

Для выяснения пищевых взаимоотношений окуней мы используем одну из сторон пищевой конкуренции, а именно — объем или степень схождения пищи по методике А. А. Шорыгина [4]. Степень схождения пищи по этой методике определяется суммой меньших процентов одинаковых пищевых объектов у сравниваемых видов рыб.

У тихоокеанского и многоиглого окуня степень схождения пищи по пробам из одного и того же улова почти всегда постоянна, колеблясь в пределах 47—54 (табл. 8). Совпадение пищи наблюдается, как правило, за счет основных объектов питания.

Учитывая на основании уловов из всех районов относительную численность тихоокеанского и многоиглого окуней, следует признать, что влияние пищевой конкуренции будет больше у первого по отношению ко второму виду. Однако это влияние должно смягчаться за счет различных горизонтов обитания и частичного расхождения в количестве потребляемых основных объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зимой и ранней весной наблюдаются подходы окуня с мест зимовок в районы юго-восточнее о-вов Прибылова с дальнейшей миграцией по свалу на запад и северо-запад. Юго-восточнее о-вов Прибылова высокие промысловые концентрации окуня, состоящие в основном из нерестовавших самок, сохраняются в течение всего апреля и отчасти в начале мая. С продвижением к северо-западу по свалу уловы уменьшаются.

В апреле и мае питание окуней очень слабое как у нерестовавших и отнерестовавших самок, так и у самцов. Начало питания впервые отмечено в конце первой половины июня южнее и юго-западнее о-вов Прибылова как на свале, так и на прилегающих участках шельфа. К этому времени наблюдается изменение в распределении окуня, наибольшие уловы встречаются северо-западнее о-вов Прибылова, а к западу и востоку от этого района его концентрации уменьшаются. Такое изменение от апреля к июню в распределении окуня объясняет пути его миграций. Кроме пространственных миграций, окунь совершает к этому времени также перемещения по глубинам обитания. Если в нерестовый период основные концентрации его наблюдаются на глубине 300—400 м, то в начале июня они отмечаются на глубине 200—250 м и в отдельных районах даже на материковом шельфе.

Наиболее интенсивный нагул мелкого неполовозрелого окуня и части крупного в 1960 г. наблюдался со второй половины июня до начала августа на глубине 130—180 м между 173—175° з. д. Возможно, что такие районы нагула на шельфе имеются и в других местах. Основная масса окуня средних размеров остается на нагул на свале западнее и северо-западнее о-вов Прибылова.

По составу пищевого спектра, характеру питания и строению глоточного аппарата тихоокеанского и многоиглого окуней следует считать батипланктофагами с частичным потреблением в зависимости от времени и районов обитания нектобентических организмов.

Основными объектами питания окуней являются эуфаузиевые и каланиды. Преобладание этих групп зависит как от глубины обитания окуней, так и от размерного состава окуня в уловах. На шельфе тихоокеанский окунь обычно откармливается каланидами, на глубине 200—280 м — эуфаузиевыми и около 300 м — мизидами и кальмарами.

Мелкий неполовозрелый окунь до 32 см откармливается каланидами, более крупный и каланидами, и эуфаузиевыми.

Наиболее интенсивно окунь в течение светлого времени суток откармливается до полудня, что, по-видимому, связано как с биологией кормовых объектов, так и с суточными миграциями окуня. Эта закономерность характерна для окуня, нагуливающегося на шельфе.

Нагул окуня заканчивается в конце августа—начале сентября. К этому времени в уловах преобладают особи с пустыми желудками, питающийся окунь редок и наполнение его желудков обычно слабое.

К концу сентября намечается тенденция к обратной миграции окуня по свалу на юго-восток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродская В. А. Инструкция для сбора и обработки материалов по питанию бентосоядных рыб. Пищепромиздат, 1939.
 2. Географическое распространение рыб и других промысловых животных Охотского и Берингова морей. Тр. Ин-та океанол. Т. XIV, 1955, стр. 51—52.
 3. Пирожников П. Л. Инструкция по сбору и обработке материалов по питанию рыб. ВНИОРХ, 1953.
 4. Шорыгин А. А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. Пищепромиздат, 1952.
-

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

597.58(265.2)

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ ТИХООКЕАНСКОГО БЕЛОКОРОГО ПАЛТУСА (*HIPPOGLOSSUS HIPPOGLOSSUS* *STENOLEPIS SCHMIDT*) В БЕРИНГОВОМ МОРЕ

Н. П. Новиков
ТИНРО

Белокорый палтус *Hippoglossus hippoglossus stenolepis* Schmidt (рис. 1) относится к числу ценнейших промысловых рыб Тихого океана. Он широко распространен вдоль обоих берегов океана от залива Петра Великого на азиатском до Сан-Франциско на американском и образует промысловые скопления в ряде районов.

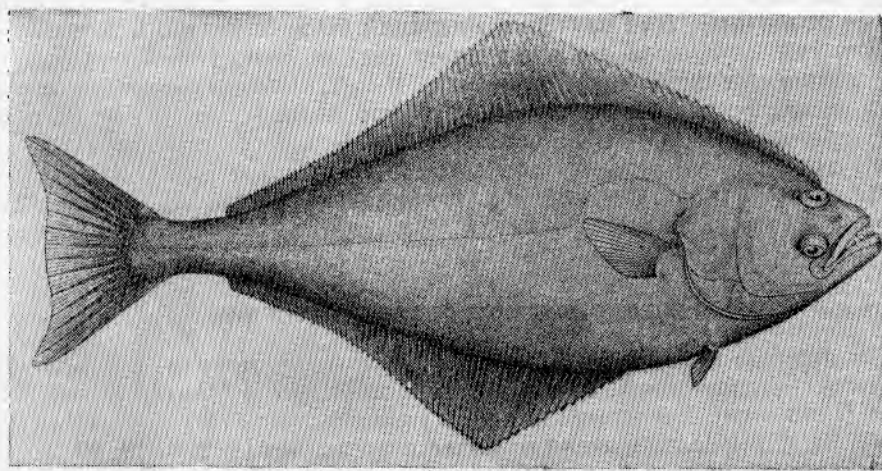


Рис. 1. Белокорый палтус (*Hippoglossus hippoglossus stenolepis* Schmidt). Берингово море, 1960 г., длина 93 см (рис. А. Д. Киселевой).

Наиболее многочислен палтус у тихоокеанского побережья Северной Америки. Здесь его промысел имеет давнюю историю и дает в настоящее время 280—320 тыс. ц улова в год. Биология палтуса этого района благодаря многолетним исследованиям Международной Комиссии США и Канады по тихоокеанскому палтусу (IPHC) изучена хорошо и позво-

ляет осуществлять ряд практических мероприятий по регулированию его численности и промысла.

Биология палтуса, обитающего в Беринговом море и вдоль азиатского побережья Тихого океана, изучена недостаточно, а его промысла (исключая район о. Хоккайдо) до недавнего времени не существовало. Особенно недостаточно была изучена биология палтуса Берингова моря. До 30-х годов все сведения о нем как в отечественной, так и в иностранной литературе были отрывочными и носили в основном фаунистический характер. Лишь в более поздние годы в отечественной литературе появились первые работы [1, 2, 5, 9, 19], в той или иной мере касающиеся биологии белокорого палтуса западных и северо-западных районов Берингова моря.

Некоторые сведения, характеризующие палтуса юго-восточной части моря, опубликованы в последних докладах Международной Комиссии США и Канады по тихоокеанскому палтусу [54].

По биологии палтуса центральных районов моря ни в отечественной, ни в иностранной литературе никаких сведений нет.

Во время работы Берингоморской научно-промысловой экспедиции ТИНРО—ВНИРО изучению биологии белокорого палтуса и перспектив его промысла уделялось большое внимание. Исследованиями была охвачена почти вся акватория Берингова моря (рис. 2), доступная для траловых работ, за исключением только самых северных районов. В течение 1957—1961 гг. судами экспедиции было сделано 4575 тралений, причем 2233 из них — с флагманского судна экспедиции рыболовного траулера «Огонь», на котором автором проводились основные исследования палтуса. Наиболее детально были обследованы юго-восточная и центральная части моря. Траления производились преимущественно 27,1-метровым тралом калининградской конструкции на глубинах от 20 до 600 м. Продолжительность каждого траления составляла 1 час. Когда продолжительность траления была иной, величина улова перечислялась на час траления. Всего было исследовано 3550 белокорых палтусов, причем у 1640 из них определен возраст по чешуе (с контролем по отолитам). Для изучения миграций было помечено 875 экз.

Для суждения о питании визуальнo просмотрено 1886 желудков, а для количественной характеристики В. А. Скалкиным обработано 85 проб; морфометрическому анализу было подвергнуто 106 экз. Кроме того, проводилось изучение размножения и плодовитости палтуса, а также другие биологические исследования.

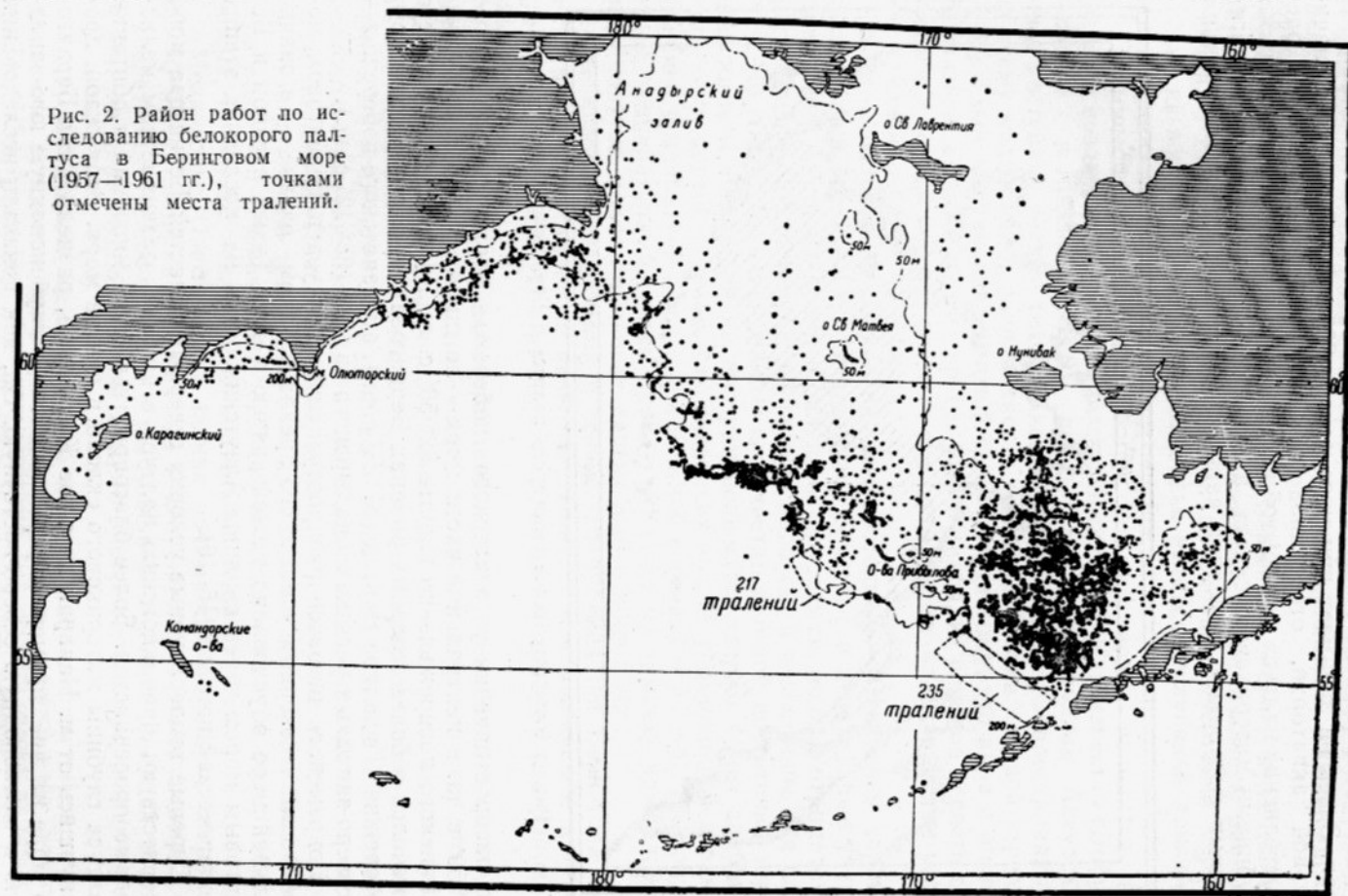
На основании результатов исследований в 1960 и 1961 г. в Беринговом море, вблизи мыса Наварин, советские рыбаки начали экспериментальный ярусный лов палтуса.

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

На наличие белокорого палтуса в Беринговом море — у Командорских и Алеутских о-вов, в заливах Бристольском и Нортон, а также у о-вов Прибылова — указывали еще в прошлом веке многие авторы [10, 41, 42, 51, 69]. Исследователями более поздних лет [1, 2, 5, 19, 20, 37, 39, 50] белокорый палтус был обнаружен в проливе Литке, в Олоторском и Анадырском заливах, у Корякского побережья и в открытой части Берингова моря, между м. Наварин и о-вами Прибылова.

По нашим данным белокорый палтус в Беринговом море распространен широко (рис. 3). Он встречается вдоль азиатского побережья от м. Камчатского и Командорских о-вов до юго-западных участков Анадырского залива, затем в открытой части моря между м. Наварин и Бристольским заливом; у американского побережья — от Алеутской гряды на север до широты о. Лаврентия. Особенно широко палтус распространен в юго-восточной части Берингова моря, где протяженность

Рис. 2. Район работ по исследованию белокорого палтуса в Беринговом море (1957—1961 гг.), точками отмечены места тралений.



занимаемого им района с юга на север составляет в летний период более 500 миль. У азиатского побережья палтус встречается на материковом склоне и шельфе, ширина которых составляет, как правило, 40—60 миль.

Интересно распространение палтуса в открытой части Берингова моря. Здесь он занимает широкую (около 200 миль) полосу на значительной акватории, оторванной от берегов, причем с юга распространение палтуса в открытой части моря ограничивается большими глубинами материкового склона, а с севера — некоторыми океанологическими факторами. В период наших наблюдений северная граница

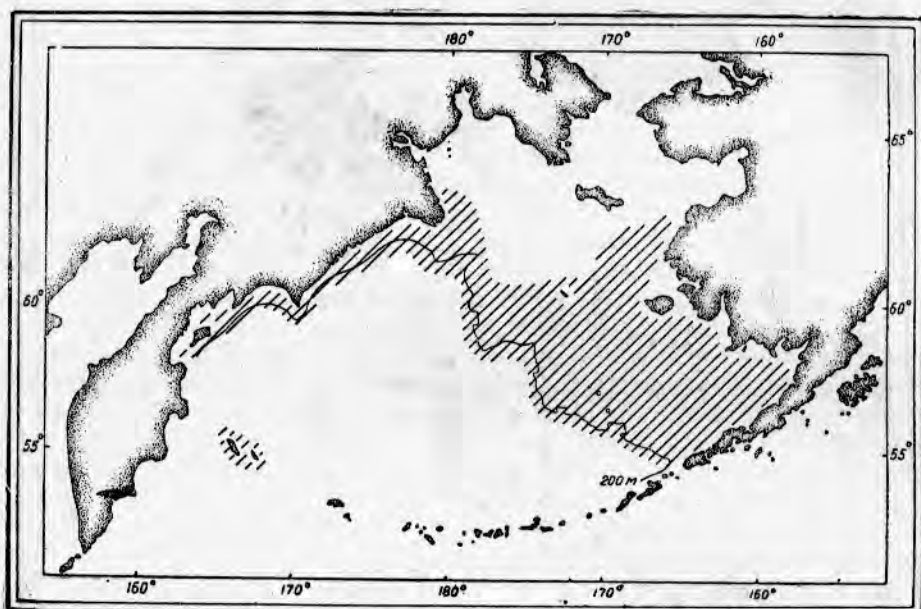


Рис. 3. Распространение белокорого палтуса в Беринговом море.

его распространения у азиатского побережья проходила по широте $63^{\circ}50'$ с. ш. в центральной части моря — по широте $60^{\circ}45'$ с. ш. и у американского побережья — по широте $62^{\circ}50'$ с. ш. Ранее [8, 41, 69] палтус отмечался в более северных районах Берингова моря: у американского побережья — в заливе Нортон ($61^{\circ}31'$ с. ш.), а у азиатского побережья — в северо-западных участках Анадырского залива ($65^{\circ}12'$ с. ш.).

Современное широкое распространение палтуса в Беринговом море — самом северном участке его ареала в Тихом океане — в значительной мере обусловлено тесной связью между Тихим океаном и Беринговым морем через проливы Алеутских о-вов на последних этапах геологической истории [15, 16].

Суровые температурные условия северных областей Берингова моря препятствуют проникновению палтуса в широко развитые там мелководные пространства. Более благоприятны для миграций и обитания палтуса глубины материкового склона в центре моря. Этот склон, протянувшись от м. Наварин до о-вов Креницына, разделяет все Берингово море на две примерно равные части — глубоководную юго-западную и мелководную северо-восточную. Он, как показали исследования экспедиции ТИНРО и ВНИРО 1957—1961 гг. [7, 25, 29], характеризуется рядом специфических черт: однообразным гидрохимическим и температурным режимом на всем своем протяжении (температура воды у дна составляет $2-5^{\circ}$ и практически не изменяется в течение всего го-

170

да), сложным рельефом дна с резкими перепадами глубин, богатой донной фауной и т. д.

Материковый склон открытой части Берингова моря является не только основным районом обитания палтуса, но и способствует широкому расселению, играя роль своеобразного фаунистического моста, связывающего фауны Азиатской и Орегонской подобластей Тихоокеанской бореальной области.

Мелководье юго-восточной части Берингова моря*, куда палтус мигрирует в теплый период года, представляет собой огромную равнину с плавным ходом изобат, повторяющих в основном очертания берега. Только на восточной окраине мелководья имеется неглубокая ложбина, направленная своей осью на северо-восток.

Термический режим юго-восточного мелководья находится под сильным воздействием теплых тихоокеанских вод. Как известно (Добровольский и Арсеньев, 1959), через восточные проливы Алеутских о-вов поступают теплые тихоокеанские воды, которые распространяются по всему мелководью, направляясь в основном против часовой стрелки [7, 52]. Такое направление течений способствует тому, что икра и личинки палтуса, а также многих других рыб и краба, из районов нереста выносятся в те участки мелководья, где они находят благоприятные условия для своего развития и роста.

Летом большая часть вод над юго-восточным мелководьем хорошо прогревается (до $10-11^{\circ}$ у дна). Зимой северные и центральные участки юго-восточного мелководья сильно охлаждаются; воды с отрицательной температурой занимают обширную площадь и недоступны для палтуса. Но южные и юго-восточные его участки и зимой достаточно хорошо прогреты благодаря не прекращающемуся, хотя и более слабому, чем летом, притоку теплых тихоокеанских вод. В упоминавшейся ранее ложбине температура воды у дна и зимой составляет $3,5-4^{\circ}$. Благоприятный температурный режим привлекает сюда на зимовку камбал, молодь палтуса, крабов и многих других рыб и животных.

Мелководье центральной и северо-западной частей Берингова моря** в целом занимает не меньшую площадь, чем мелководье юго-восточной части моря, но ширина его, особенно в прибрежных районах, значительно уже.

Температурный режим этого мелководья суров. Летом мелководье центральной и северо-западной частей Берингова моря прогреваются неравномерно. Хорошо прогреваются лишь прибрежные участки до глубины 30—40 м, в меньшей степени — участки, непосредственно примыкающие к материковому склону, плохо — остальные участки. В отличие от мелководья юго-восточной части моря, здесь холодные «пятна», в частности Анадырско-Лаврентьевское, занимают обширные районы, сохраняя отрицательную температуру воды в течение всего лета. Зимой все мелководье, за исключением узенькой полоски у самого материкового склона, заполнено водами с отрицательной температурой.

Мелководье Олюторского залива занимает небольшую, шириной 20—40 миль, площадь с песчаными и песчано-илистыми грунтами. Его температурные условия, как и в центральной и северо-западной частях Берингова моря, суровы. Летом хорошо прогреваются прибрежные уча-

* Под юго-восточной частью Берингова моря мы подразумеваем район, условно ограниченный на востоке — побережьем Аляски, на западе — долгой о-вов Прибылова ($170-171^{\circ}$ з. д.), на юге — большими глубинами материкового склона, на севере — примерно широтой о-ва Нунивак ($60-61^{\circ}$ с. ш.) и несколько севернее.

** Под центральной и северо-западной частями Берингова моря мы подразумеваем район, условно ограниченный на востоке долгой о-ва Прибылова ($170-171^{\circ}$ з. д.), на западе — Корякским побережьем, на юге — большими глубинами материкового склона в открытой части моря и широтой бухты Дежнева — в прибрежной части; на севере — примерно широтой $63-64^{\circ}$ с. ш.

стки. Температура воды у дна к концу лета достигает 7—8°. В некоторые годы в Олюторском заливе наблюдается холодное «пятно» с низкой температурой воды. Зимой мелководье залива сильно охлаждается.

Таким образом, мелководье юго-восточной части Берингова моря по сравнению с мелководьями других районов моря имеет наиболее благоприятные условия для обитания палтуса. Поэтому именно здесь он распространен на огромной площади и летом встречается далеко от материкового склона — мест своего основного обитания и зимовок.

На мелководье центральной и северо-западной частей Берингова моря распространению палтуса на север препятствуют обширные зоны холодных «пятен». Кроме того, абсолютные значения температуры воды здесь ниже, чем в юго-восточной части, и соответственно палтус распространен здесь менее широко.

В Олюторском заливе широкому распространению палтуса препятствует прежде всего ограниченная площадь самого залива.

Физико-географические условия рассмотренных районов Берингова моря накладывают свой отпечаток как на распространение, так и на биологию палтуса, поэтому дальнейшее изложение материала делается с учетом особенностей каждого из этих районов.

ДЛИНА И ВЕС

Белокорый палтус — крупнейший представитель камбаловых Тихого океана. В Японском море был пойман экземпляр длиной 239 см и весом 230 кг [21], у тихоокеанского побережья Канады отмечен палтус длиной 267 см [46]. В Беринговом море также встречается палтус крупных размеров. Были случаи поимки поисково-исследовательскими судами в юго-восточной части моря особей длиной 182 см и весом около 80—100 кг, а также длиной 215 см. Однако такие крупные экземпляры встречаются довольно редко; обычные размеры палтуса в траловых уловах значительно меньше (табл. 1, 2).

В юго-восточной части Берингова моря в траловых уловах чаще всего встречался палтус длиной 40—75 см (68,7%) и весом до 6 кг (75,2%); в центральной и северо-западной частях моря — палтус длиной 55—85 см (67,8%) и весом до 8 кг (59,8%), в Олюторском заливе — палтус длиной 50—65 см (73,6%).

Самый мелкий палтус ловился в Олюторском заливе (средняя длина 57,6 см); несколько крупнее — в юго-восточной части Берингова моря (средняя длина 60,9 см, средний вес 4,9 кг) и самый крупный — в центральной и северо-западной частях моря (средняя длина 77,8 см, средний вес 7,1 кг).

Размерный состав палтуса неодинаков не только в различных районах Берингова моря, но и в одном и том же районе в зависимости от глубины и от преобладания в улове самцов и самок. В любом из районов моря на мелководье всегда ловится более мелкий палтус, чем на материковом склоне (табл. 3).

Молодые палтусы зимой и летом в основной массе держатся на меньших глубинах, чем старые. Самки намного превосходят в длине и весе самцов как в уловах на мелководье, так и в уловах на материковом склоне. Это объясняется более высоким темпом роста самок и большей продолжительностью их жизни.

Размерный состав палтуса в ярусных уловах иной, чем в траловых. По нашим данным средняя длина палтуса в уловах ярусов из северо-западной части Берингова моря в 1961 г. составила 84,8 см, причем рыб менее 60 см длиной вообще не было, тогда как средняя длина его в траловых уловах в том же районе составила 81,6 см. Следовательно, при широкой организации промысла белокорого палтуса в Беринговом море

Таблица 1

Длина белокорого палтуса в траловых уловах в Беринговом море

Длина см	Юго-восточная часть моря 1958—1960 гг.		Центральная и северо- западная части моря 1957—1960 гг.		Олюторский залив*	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
10—20	4	0,2	—	—	—	—
20—25	20	0,8	—	—	—	—
25—30	44	1,8	—	—	—	—
30—35	101	4,2	1	0,1	—	—
35—40	111	4,7	1	0,1	2	0,6
40—45	200	8,4	7	0,9	1	0,3
45—50	258	10,9	15	1,9	36	9,8
50—55	282	11,9	40	5,0	126	34,2
55—60	229	9,6	61	7,7	93	25,3
60—65	265	11,1	104	13,1	52	14,1
65—70	251	10,5	97	12,2	31	8,4
70—75	150	6,3	91	11,4	15	4,1
75—80	116	4,9	75	9,7	6	1,6
80—85	71	3,0	51	6,4	3	0,8
85—90	65	2,7	58	7,3	3	0,8
90—95	55	2,3	47	5,9	—	—
95—100	45	1,9	31	3,9	—	—
100—105	28	1,2	39	4,9	—	—
105—110	29	1,2	22	2,8	—	—
110—115	20	0,8	23	2,6	—	—
115—120	13	0,5	6	0,8	—	—
120—125	9	0,4	9	1,1	—	—
125—130	6	0,3	7	0,9	—	—
130—135	2	0,1	2	0,3	—	—
135—140	3	0,1	5	0,6	—	—
140—145	—	—	2	0,3	—	—
145—150	1	0,1	1	0,1	—	—
150—n	1	0,1	—	—	—	—
n	2379	100	795	100	368	100
M	60,9	—	77,6	—	17,6	—

* Данные В. И. Тихонова.

Таблица 2

Вес белокорого палтуса в траловых уловах в Беринговом море

Вес, кг	Юго-восточная часть моря 1958—1960 гг.		Центральная и северо-западная части моря 1957—1960 гг.	
	шт.	%	шт.	%
0—2	305	31,4	63	10,1
2—4	278	28,7	182	29,3
4—6	146	15,1	112	18,0
6—8	71	7,3	78	12,6
8—10	51	5,3	55	8,9
10—12	33	3,4	36	5,8
12—14	18	1,9	28	4,5
14—16	22	2,3	19	3,0
16—18	16	1,6	12	1,9
18—20	12	1,2	15	2,4
20—22	5	0,5	3	0,5
22—24	1	0,1	4	0,6
24—26	5	0,5	4	0,6
26—28	3	0,3	3	0,5
28—30	1	0,1	1	0,2
30—32	1	0,1	1	0,2
32—34	—	—	1	0,2
34—36	—	—	3	0,5
36—38	1	0,1	—	—
38—40	1	0,1	1	0,2
n	970	100	621	100
M	4,9	—	7,1	—

Таблица 3

Средние длина и вес белокорого палтуса в Беринговом море
в 1957—1961 гг. в траловых уловах

Пол	Северо-западная и центральная части моря		Юго-восточная часть моря	
	Длина, см	Вес, кг	Длина, см	Вес, кг
Мелководье (0—200 м)				
Самцы	70,1	4,6	57,2	3,1
Самки	80,0	8,2	63,3	4,3
Самцы и самки	75,3	6,3	60,4	4,2
Материковый склон (200—600 м)				
Самцы	79,4	6,4	61,5	4,1
Самки	86,1	8,9	76,4	7,5
Самцы и самки	81,9	8,0	71,4	6,5

целесообразнее в первую очередь ориентироваться на большие глубины (материковый склон) и в качестве орудий лова использовать яруса.

У белокорого палтуса Берингова моря, как и у большинства других рыб, наблюдается четкая зависимость между длиной и весом. В первые годы жизни он быстро растет в длину, незначительно прибавляя в весе. Начиная с 5—6 лет палтус начинает быстро прибавлять в весе и значительно медленнее растет в длину. Особи в возрасте 7—9 лет при увеличении длины тела на 1 см дают прирост в 200 г и более. Причем весьма характерно, что прирост в весе происходит в основном за счет увеличения толщины тела, т. е. по характеру своего роста белокорый палтус приближается к некамбаловым рыбам.

Представляет интерес сравнение наших данных по линейным размерам белокорого палтуса Берингова моря с теми немногочисленными сведениями, которые имеются в литературе.

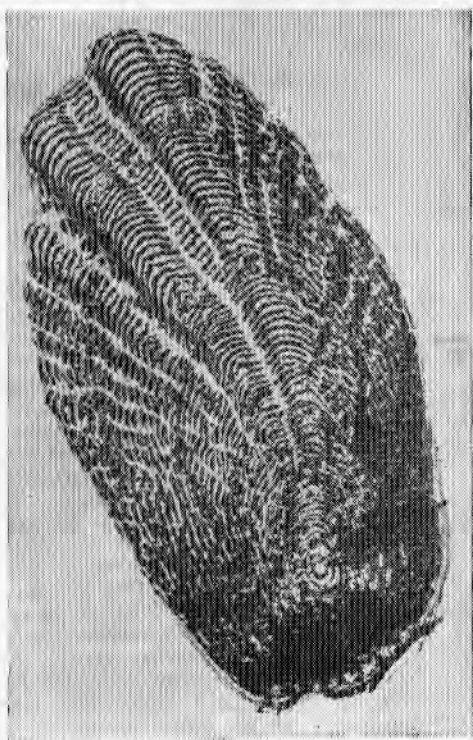
По сообщению Вернидуб [5], в Олюторском заливе в траловых уловах преобладал палтус длиной 50—80 см, т. е. несколько более крупный, чем в период наших исследований. Кеннетс и Мошер [61] указывают, что 27 палтусов, выловленных в юго-восточной части Берингова моря в июне—июле 1949 г., были от 34 до 124 см длины, причем 13 имели длину свыше 60 см. По данным Международной Комиссии по тихоокеанскому палтусу [54] в этом районе моря на мелководье в траловых уловах преобладал палтус длиной от 19 до 63 см; особи длиной менее 65 см составляли 89%. Приведенные цифры сходны с нашими, однако у нас в траловых уловах мелкого палтуса (длиной менее 65 см) было меньше — 66,7%.

У тихоокеанского побережья Америки палтуса ловят исключительно ярусами, что, к сожалению, затрудняет сравнение американских и канадских данных с нашими материалами по Берингову морю, полученными в основном в результате анализа траловых уловов. Правда, Белл [43] приводит сведения о размере палтуса из траловых и ярусных уловов, причем по его данным средняя длина палтуса в траловых уловах в районе банки Гуз составляет 70,6 см, а у м. Скотта — 71,3 см, т. е. больше, чем в юго-восточной части Берингова моря и Олюторском заливе, но меньше, чем в северо-западной и центральной частях моря (см. табл. 1).

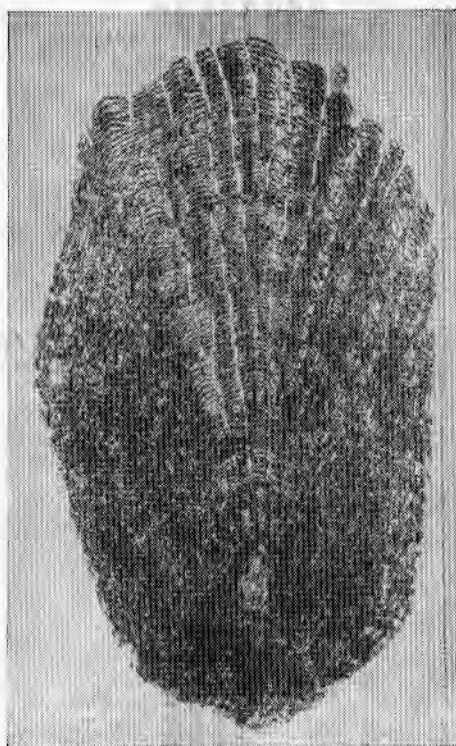
ВОЗРАСТ И ТЕМП РОСТА

Возраст белокорого палтуса обычно определяется по отолитам. В обширном списке работ по тихоокеанскому и атлантическому белокорому палтусу имеется лишь одна работа [40], в которой упоминается об использовании чешуи (наряду с отолитами) для определения его возраста.

Но отолиды, как признают многие авторы [56, 58, 59, 63, 64], не всегда дают четкую и ясную картину годичных наслоений. Легко и безошибочно возраст палтуса по отолидам определяется только у молодых особей (до 4—6 лет), а у более старых трудно и не всегда достоверно. Кроме того, собирать отолиды в полевых условиях трудно и их нужно долго обрабатывать в лаборатории.



А



Б

Рис. 4. Чешуя белокорого палтуса:
А — возраст 9+; Б — возраст 3+.

Для определения возраста палтуса Берингова моря мы использовали чешую, а отолиды брали лишь в качестве контрольного материала. В ходе исследований выяснилось, что четкость годичных наслоений на чешуе не только не уступает четкости на отолидах, но даже превосходит последнюю, особенно у старых особей (рис. 4).

В траловых уловах в Беринговом море палтус представлен особями многих возрастных групп: от 1 до 25 лет (рис. 5). В юго-восточной части моря в траловых уловах встречались палтусы в возрасте от 1 до 15 лет, но преобладали особи 4—9-летнего возраста (84%), рыбы старше 9 лет составляли 7,4%, а моложе 4 лет — 8,6%. В северо-западной и центральной частях моря траловые уловы палтуса состояли из рыб в возрасте от 4 до 25 лет, но в основном — из 6—10-летних (78%). Рыбы старше 10 лет составляли 15%, а моложе 6 лет — 6,2%. В Олюторском заливе почти весь улов (95%) составлял палтус 6—9-летнего возраста.

Наиболее старые по возрасту и крупные по размерам особи встречались в северо-западной и центральной частях Берингова моря, а на-

и более молодые и мелкие — в Олюторском заливе и в юго-восточной части моря. Однако соотношение тех или иных возрастных групп палтуса в уловах зависит от глубины лова, от преобладания самцов или самок, от применяемых орудий лова и может быть различным в одном и том же районе. В уловах на мелководье как в юго-восточной, так и в цент-

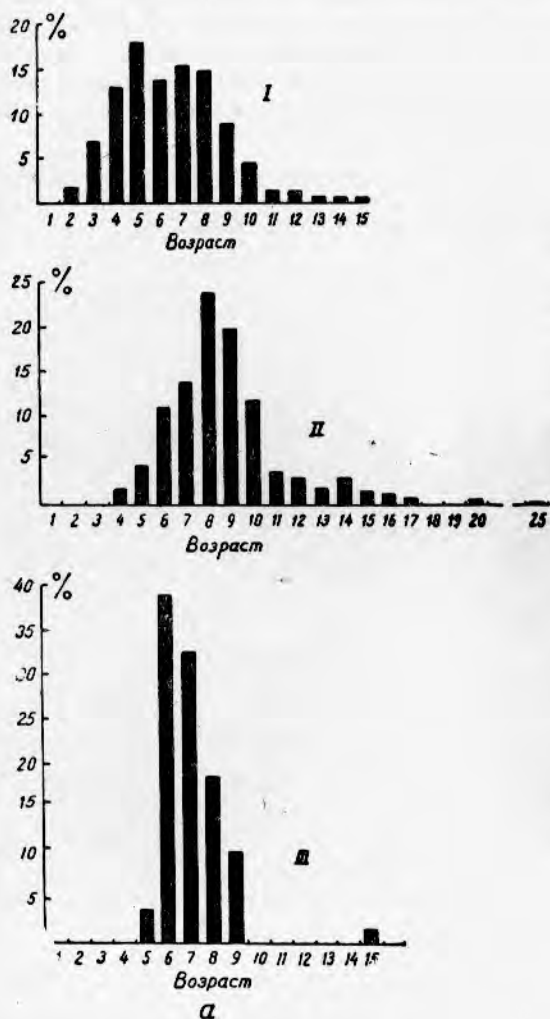


Рис. 5. Возрастной состав белокорого палтуса:

a — в различных районах Берингова моря: *I* — юго-восточная часть, 1958—1960 гг., $n = 518$ шт.; *II* — северо-западная и центральная части, 1957—1959 гг., $n = 274$ шт.; *III* — Олюторский залив, 1956 г., $n = 80$ шт. *в* — зависимости от глубины лова: *I* — юго-восточная часть, 1958—1960 гг., *I* — мелководье (0—200 м), $n = 407$ шт., *2* — материковый склон (200—600 м), $n = 407$ шт.; *II* — северо-западная и центральная части, 1957—1960 гг.; *I* — мелководье (0—200 м), $n = 155$ шт.; *2* — материковый склон (200—600 м), $n = 119$ шт., *в* — по годам: *I* — юго-восточная часть, *1* — 1958 г., $n = 168$ шт., *2* — 1959 г., $n = 166$ шт., *3* — 1960 г., $n = 184$ шт.; *II* — северо-западная и центральная части, *1* — 1957 г., $n = 127$ шт., *2* — 1958 г., $n = 70$ шт., *3* — 1959 г., $n = 77$ шт.

ральной и северо-западной частях Берингова моря, независимо от времени года, встречается палтус более молодого возраста, чем на материковом склоне (рис. 5 б).

Траловые уловы в сравнении с ярусными характеризуются большим количеством молодых возрастных групп палтуса.

Несмотря на то что наши наблюдения охватывают сравнительно небольшой период — с 1957 по 1960 г., уже сейчас можно отметить некоторое изменение возрастного состава по годам. В юго-восточной части Берингова моря (рис. 5 в) в 1958 г. основу уловов составляли особи в возрасте 6—9 лет (75,6%), а в 1960 г. — особи в возрасте 3—5 лет (66,1%). Доля рыб 6—9-летнего возраста за два года уменьшилась с 75,6 до 33,2%. Небольшие изменения в возрастном составе произошли также у палтуса, обитающего в центральной и северо-западной частях

Берингова моря, где в 1957 г. особи старше 10 лет составляли 19,8%, в 1958 г. их доля уменьшилась до 18,8%, а в 1959 г. — до 3,9%. Соответственно этому возросло число молодых рыб. В 1957 г. особей моложе 6 лет было немного — 3,2%, в 1958 г. они составляли 7,2%, а в 1959 г. — 10,4%. Изменение возрастного состава палтуса по годам, в частности,

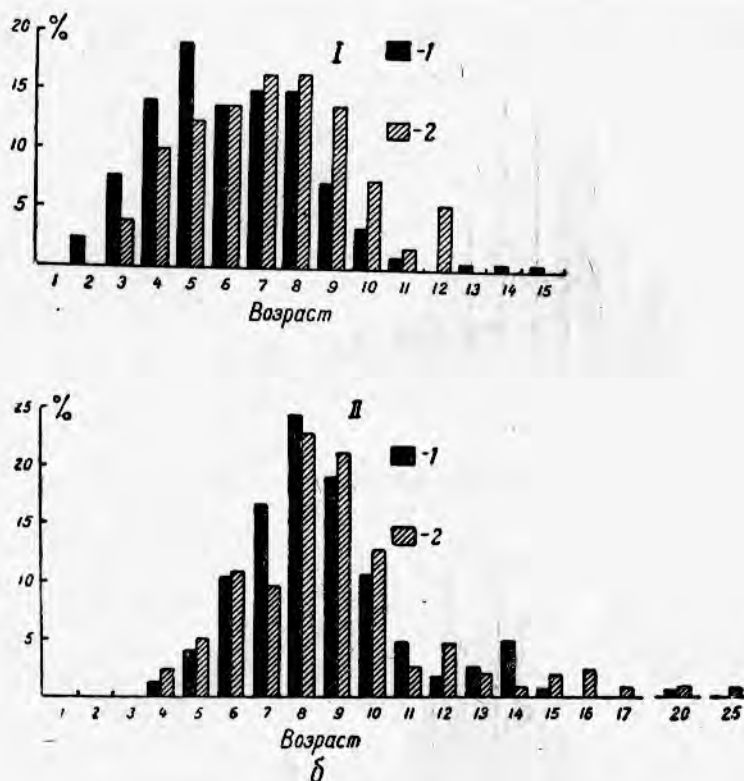


Рис. 5в (см. на стр. 178)

в юго-восточной части Берингова моря. отмечали и иностранные исследователи [54], показавшие, что в 1958 г. палтус моложе 12 лет составлял в уловах — 62%, а в 1959 г. — 78% и в 1960 г. — 84%. Однако приводимые ими сведения (по траловым уловам) за 1960 г. расходятся с нашими. Так, в 1959 г., по их данным, основу уловов (89%) составлял палтус в возрасте 2—6 лет, а по нашим — 4—8 лет (рыбы в возрасте 2—6 лет у нас составляли 60,9%).

Причины наблюдаемых изменений в возрастном составе палтуса Берингова моря могут быть разные, но одной из них, несомненно, является промысел, начатый там иностранным рыболовным флотом в 1958 г. Для промысла палтуса применяются яруса, а они, как известно, отлавливают прежде всего рыб старших возрастных групп.

Сравнение возрастного состава палтуса в траловых уловах в Беринговом море и у тихоокеанского побережья Америки показывает, что в первом районе процент рыб старших возрастных групп значительно больше. У тихоокеанского побережья Америки [43] траловые уловы палтуса состоят исключительно из рыб в возрасте 2—5 лет. Омоложение стада палтуса этого района связано с интенсивным промыслом, существующим здесь многие годы.

Темп роста палтуса определялся методом обратного расчисления.

При этом обращает на себя внимание различный темп роста самцов и самок (рис. 6). До 4—6 лет различия эти невелики, но затем они все более увеличиваются и 13—14-летние самки превосходят по длине одно-возрастных самцов на 8—13 см.

Белокорый палтус Берингова моря отличается высоким темпом роста. Особенно быстро он растет в первые 5—7 лет, затем скорость роста постепенно снижается, не проявляя, однако, какого-либо резкого замед-

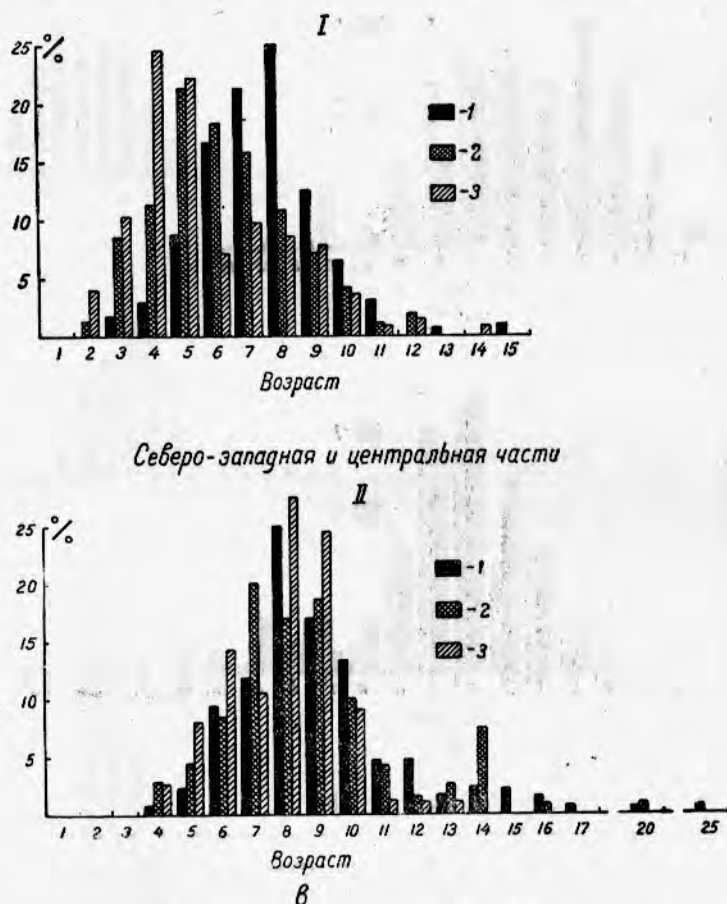


Рис. 5в. (подпись см. на стр. 176).

ления в момент наступления половой зрелости. К 4—5 годам самцы палтуса достигают длины 43—53 см, а к 10—12 годам — 73—90 см; самки — соответственно 47—57 и 90—100 см. Такого темпа роста не имеет ни одна из других камбал Дальнего Востока, даже близкие к нему черный и стрелозубый палтусы. Темп роста белокорого палтуса в различных районах Берингова моря неодинаков. Быстрее всех растет палтус юго-восточной части моря, затем — палтус центральный и северо-западной частей моря и значительно медленнее — палтус Олюторского залива. Правда, различия в темпе роста палтуса первых двух районов незначительны, но они есть и не учитывать их при определении, например, локальности стад этих районов, мы не можем.

По нашим данным, палтус юго-восточной, центральной и северо-западной частей Берингова моря по сравнению с палтусом других районов Тихого океана, в частности Охотского моря, растет значительно быстрее, приближаясь к быстрорастущему атлантическому палтусу. Лишь палтус Олюторского залива растет значительно медленнее.

Относительно высокий темп роста палтуса Берингова моря показывает, что в этом водоеме он, вопреки утверждениям некоторых исследователей [54, 66], находит вполне благоприятные условия для своего существования.

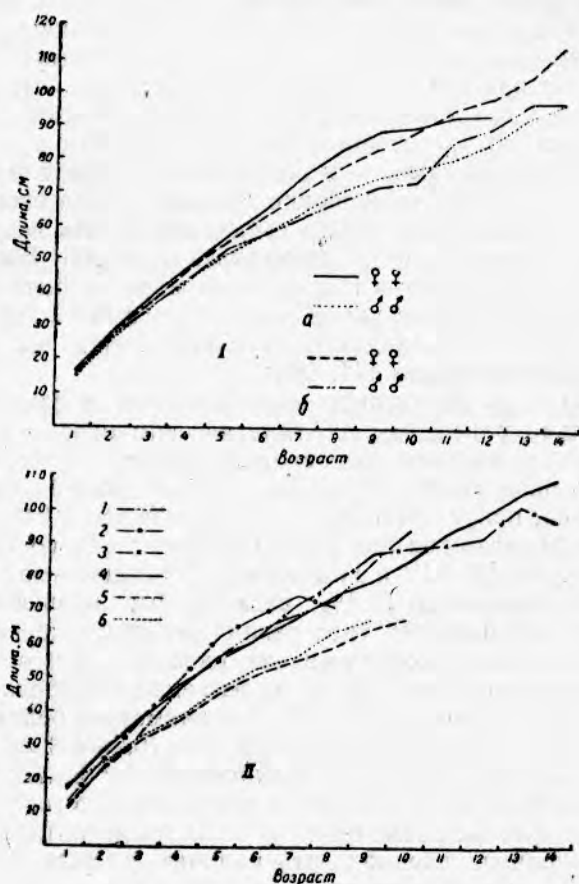


Рис. 6. Темп роста белокорого палтуса: I — Берингово море (1957—1960 гг.), а — юго-восточная часть, б — северо-западная и центральная части; II — в различных районах Тихого и Атлантического океанов, 1 — Атлантический океан, Фарерские о-ва [58], 2 — Берингово море, северо-западная и центральная части [26], 3 — Берингово море, юго-восточная часть [27], 4 — Берингово море, Олюторский залив, 5 — Охотское море, западная Камчатка [19, 20].

РАЗМНОЖЕНИЕ

Ни одна из сторон биологии белокорого палтуса Берингова моря не изучена так слабо, как размножение. В иностранной литературе по этому вопросу нет никаких сведений, а в отечественной — они весьма отрывочны [5, 19, 21—23, 31] и относятся в основном к размножению палтуса западных районов Берингова моря. Наши наблюдения, к сожалению, охватывают в основном только зрелых рыб.

Процесс полового созревания у палтуса, как и у многих других долгоживущих рыб, происходит медленно. По данным Вернидуб [5] и Перцевой-Остроумовой [31] у белокорого палтуса самки достигают по-

ловой зрелости по достижении 60—95 см длины в возрасте 8—10 лет, несколько раньше созревают самцы. Наши данные показывают иную картину и не согласуются с приведенными цифрами.

У большинства особей палтуса в возрасте одного—двух лет при длине тела 19—20 см можно безошибочно определить пол. У палтуса в возрасте 3 лет при длине тела 27 см и более пол различим всегда.

В Беринговом море основная масса самцов палтуса созревает в возрасте 7—13 лет при длине тела 70—110 см, основная масса самок — в возрасте 9—15 лет при длине тела 90—140 см, хотя в отдельных случаях самцы палтуса могут достигать половой зрелости в возрасте 4 лет при длине тела 55 см, а самки — в возрасте 6 лет при длине тела 60 см. У тихоокеанского побережья Америки самцы палтуса становятся половозрелыми в возрасте 5—11 лет (в среднем в девять лет), самки — в возрасте 8—16 лет (в среднем в двенадцать лет) [49]. В северных районах Атлантики, в частности в Норвежском море, самцы палтуса достигают половой зрелости в возрасте 7—17 лет, самки — в возрасте 8—18 лет [47]; у берегов Исландии палтус становится половозрелым не ранее 9—10-летнего возраста [44, 56].

Следовательно, в Беринговом море и самцы, и самки палтуса созревают несколько ранее, чем в Атлантическом океане, и немного позднее, чем у тихоокеанского побережья Америки.

На стадиях развития I—II и II (по шестибальной шкале зрелости) яичники невелики, полупрозрачны и составляют всего 0,98% веса рыбы. Икринки простым глазом не различимы. Кровеносные сосуды очень мелкие. На стадиях III, III—IV и IV яичники занимают всю или почти всю полость тела, составляя до 10,3% веса рыбы; кровеносные сосуды крупные. Икринки в ястыках трех различных групп хорошо сформированы. Группа I состоит из очень мелких, едва различимых простым глазом, безжелтковых икринок, трудно отделяемых от оболочки эпителия. Во II группу входят средние (до 0,2 мм в диаметре) беловатые желтковые икринки. Группа III состоит из крупных (0,2—1,8 мм в диаметре), легко отделяемых друг от друга полупрозрачных желтковых икринок. Вторая и третья группы участвуют в нересте данного года, а первая нет. Одновременное наличие различных групп икринок в яичниках перед нерестом дает основание предполагать наличие у палтуса порционного нереста. О верности высказанного предположения свидетельствует имеющееся в литературе указание [45] об одновременном наличии зрелой и незрелой икры в яичнике крупной самки.

Таблица 4

Количество икры у белокорого палтуса различной длины и веса
(Берингово море, 1957—1960 гг.)

Длина (в см) и вес (в кг)	Количество икринок в ястыках			Число икринок на 1 см длины тела	Стадии зрелости	Число особей
	наимень- шее	среднее	наиболь- шее			
По длине						
75	—	101 723	—	1 356	—	1
100—120	612 062	1 164 124	1 974 507	10 429	III; III—IV	12
120—140	1 864 533	2 338 482	2 800 837	17 824	III	3
>140	1 307 718	1 771 597	2 235 477	12 160	III	2
По весу						
0—5	—	101 723	—	22 113	—	1
10—15	—	1 068 933	—	75 811	III—IV	1
15—20	1 144 129	1 416	1 893 840	84 188	III; III—IV	5
20—25	612 062	1 255 141	1 974 507	56 981	III; III—IV	5
25—30	—	1 307 718	—	43 591	—	1
30—35	2 350 076	2 575 456	2 800 837	80 297	III	2

Нерест палтуса в Беринговом море, если судить по степени развития его гонад, происходит в осенне-зимний период. В июне—сентябре в уловах встречаются особи с гонадами в различных стадиях зрелости: II, II—III, III—IV и IV, но чаще всего во II—III и III—IV. В октябре у части рыб гонады IV, IV—V стадии зрелости, — в это время у палтуса Берингова моря начинается нерест, который продолжается до марта. У азиатского побережья нерест [5] происходит в декабре—январе на глубинах 500 м и более при температуре придонной воды 2,3—3,5° и солености 33,5—34,1‰. В центральной и юго-восточной частях Берингова моря его нерестилища, по всей вероятности, тоже располагаются на больших глубинах материкового склона.

Интересно отметить, что сроки нереста палтуса в Беринговом море, у тихоокеанского побережья Америки и в некоторых районах Северной Атлантики сходны (в последнем случае они несколько сдвинуты к весне). Так, у тихоокеанского побережья Америки палтус нерестится с декабря по март [49, 70]; у норвежских берегов нерест палтуса начинается в декабре [47], а у берегов Исландии — в феврале [44].

Плодовитость у белокорого палтуса Берингова моря высокая, в среднем 1338 тыс. икринок. Количество икринок в ястыках подвержено значительным колебаниям, в зависимости от размеров рыбы (табл. 4). Можно все же заметить тенденцию увеличения количества икринок в ястыках с увеличением размеров палтуса. Так, минимальное число икринок (101723) отмечено нами у самки длиной 75 см и весом 4,6 кг, а максимальное (2800837) — у самки длиной 135 см и весом 30,4 кг.

Плодовитость палтуса, обитающего у тихоокеанского побережья Америки, примерно такая же, как и у палтуса Берингова моря. Как отмечают Клеменс и Уилсби [46], крупная самка палтуса может выметывать до 2700 тыс. икринок.

Плодовитость атлантического палтуса несколько больше: она колеблется от 1300 тыс. до 3500 тыс. икринок [31].

В нересте участвуют не все половозрелые особи палтуса. Об этом свидетельствует то обстоятельство, что в феврале — марте, т. е. в самом конце нерестового периода среди отнерестившихся рыб в уловах немало таких, которые имеют гонады во II—III и III стадиях зрелости и которые в данном году в нересте не участвуют. Мы считаем, что процесс повторного (после нереста) созревания гонад у палтуса длительный и что он нерестится не каждый год, а возможно, только один раз в два года или еще реже. Но это указывала еще Вернидуб [5], которая также высказывала предположение о неежегодном нересте палтуса.

Выметанные икринки свободно плавают в толще воды. Эмбриональное развитие у палтуса Берингова моря [31] длится 1—1,5 месяца. Икринки крупные, диаметром 2,94—3,57 мм (в среднем 3,27 мм) с очень узким перивителиновым пространством. Выклюнувшиеся личинки некоторое время дрейфуют в толще воды, а затем, по достижении длины 22,3—28,8 мм и окончания метаморфоза, переходят к донному образу жизни. За время дрейфа они сносятся течениями в сторону мелководья, что способствует их лучшему выживанию. На мелководье молодь палтуса держится долго, причем выходит на самые малые глубины. Муссенко [23] приводит случаи поймки молоди палтуса длиной 34—42 мм в районе м. Наварин на глубинах 7—43 м. Молодь палтуса длиной 19—25 см в больших количествах ловилась нами в Бристольском заливе.

ПИТАНИЕ

Общие сведения по питанию белокорого палтуса северо-западных районов Берингова моря и Олюторского залива имеются в работах Вернидуб [5] и Моисеева [19, 21]. Более подробно характер питания палтуса упомянутых районов изучен Гордеевой [9]. По питанию палтуса

центральной и юго-восточной частей Берингова моря никаких сведений нет, если не считать краткого сообщения, содержащегося в одном из докладов Международной комиссии по тихоокеанскому палтусу [54]. В нем указывается, что мелкие особи палтуса длиной 19—63 см питаются исключительно шпримсом.

При наших исследованиях в 1957—1961 гг. питание палтуса подробно изучалось во всех районах Берингова моря, за исключением Олюторского залива.

Внешний вид и строение пищеварительного аппарата белокорого палтуса характеризуют его как активного хищника.

По нашим наблюдениям, пища палтуса в Беринговом море состоит в основном из представителей трех зоологических групп: рыб, ракообразных моллюсков (табл. 5). В зависимости от районов моря и от размеров самого палтуса видовой состав и частота встречаемости его пищевых объектов неодинаковы.

В юго-восточной части Берингова моря мелкий палтус (длиной до 30 см) питается в основном ракообразными (88,9% встречаемости), среди которых преобладают креветки (встречены у 77,8% особей). Палтус длиной 30—60 см переходит уже на рыбную пищу. Из рыб в желудках палтусов этого размера чаще других встречаются камбалы, корюшка, мойва, минтай и песчанка (61,5%), а ракообразные, представленные креветками, раками-отшельниками, раками-стригунами и другими, отходят на второй план (32,7%). Роль моллюсков и других животных незначительна.

У палтуса 60—90 см роль рыб в питании еще более возрастает (частота встречаемости 85,6%). Ведущее положение среди них занимают камбалы и, прежде всего, желтоперая — *Limanda aspera* (Pallas). Встречаются также минтай, корюшка, мойва, морские лисички, ликоды, бычки, песчанки и другие рыбы. Значение ракообразных в питании палтуса этой группы уменьшается (13%). Роль моллюсков по-прежнему ничтожна.

В питании крупного, более 90 см, палтуса рыбы, прежде всего камбалы, сохраняют господствующее положение (86,8%). Значение ракообразных невелико. Несколько возрастает роль моллюсков (частота встречаемости 10,5%).

Питание белокорого палтуса Берингова моря изучал также участник экспедиции В. А. Скалкин. По его данным в пище палтуса в юго-восточной части Берингова моря как по весу, так и по частоте встречаемости также преобладают различные рыбы. Во многих участках района палтус питается в основном желтоперой камбалой, процент которой в пробах колеблется от 30 до 55, а частота встречаемости — от 33,3 до 73%.

Интересно отметить, что в распределении палтуса и желтоперой камбалы в юго-восточной части Берингова моря прослеживается довольно четкая связь, особенно летом — в период наиболее интенсивного откорма. Районы их летнего распределения почти полностью совпадают (рис. 7).

В северо-западной и центральной частях Берингова моря видовой состав кормовых объектов, потребляемых палтусом, несколько иной, чем в юго-восточной части моря. По этим районам для палтуса длиной менее 30 см нет данных. Палтус длиной 30—60 см питается в основном рыбой и ракообразными (см. табл. 5). Из рыб чаще других встречается минтай (12,7%), затем корюшка (7,9%) и песчанка (3,2%). Ракообразные по частоте встречаемости в желудках палтуса (63,5%) превосходят даже рыб (49,2%). В видовом отношении ракообразные представлены крабом-пауком, крабом-стригуном, раком-отшельником и креветками. Наиболее часто встречается краб-паук (23,8%). Моллюски в пище палтуса рассматриваемой группы практически не встречаются.

Палтус 60—90 см длиной питается рыбой, ракообразными и отчасти моллюсками и другими животными (см. табл. 5). На первом месте по своему значению стоят рыбы (72,4%), из которых чаще всего встречаются: минтай (27,1%), корюшки (3,9%) и ликоды (4,3%). Второе место занимают ракообразные (23,7%), среди которых надо отметить кра-

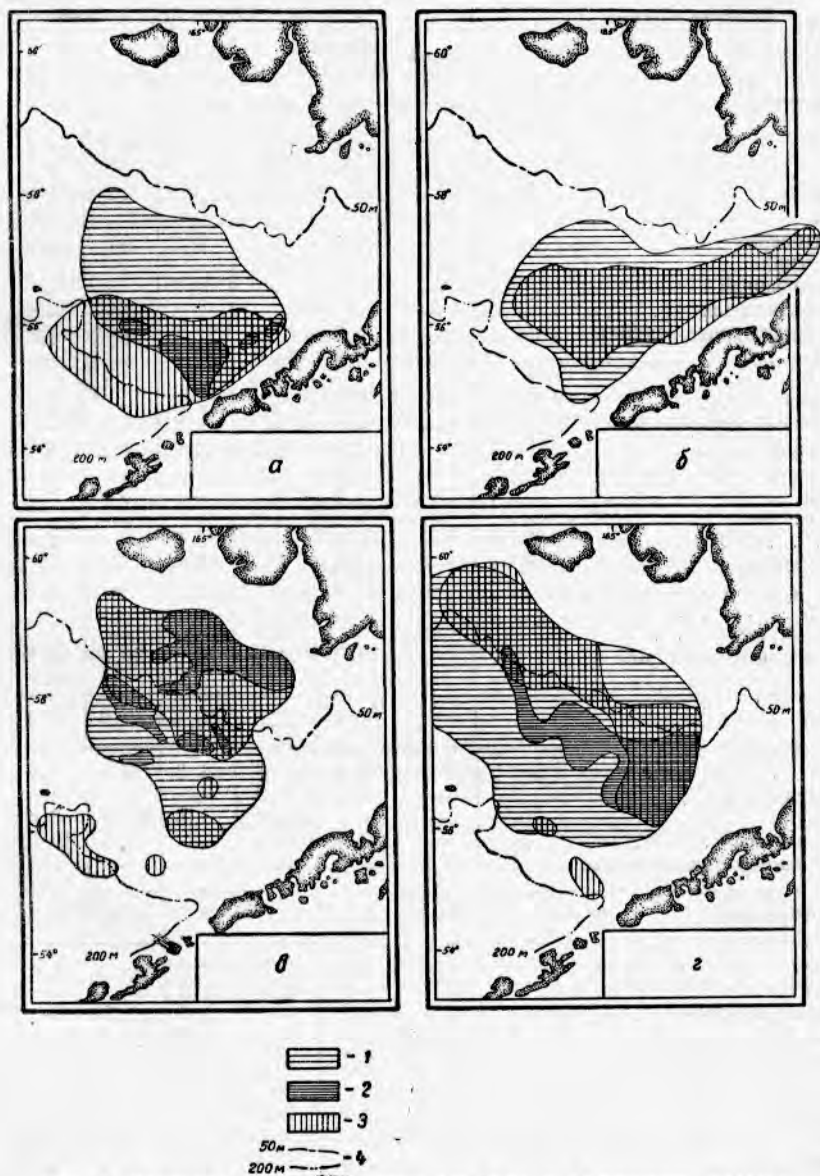


Рис. 7. Распределение желтоперой камбалы и белокорого палтуса в юго-восточной части Берингова моря:
а — январь — март 1960 г.; б — май 1960 г.; в — июль — август 1958 г.; г — сентябрь — октябрь 1959 г.; 1 — желтоперая камбала; 2 — скопления желтоперой камбалы; 3 — белкорый палтус; 4 — изобаты.

ба-стригуна (10,2%), краба-паука (5,6%), креветок 3,5% и раков-отшельников (14,3%). Из моллюсков в желудках палтуса обнаружены лишь осьминоги (4,3%).

В питании крупного, более 90 см длины, палтуса преобладают рыбы (64,5%). Ракообразные и моллюски по частоте встречаемости в пище

Таблица 5

Видовой состав и частота встречаемости (в %) пищевых объектов
белокорого палтуса в Беринговом море в 1957—1960 гг.

Пищевые объекты	Юго-восточная часть моря				Северо-западная и центральная части моря		
	Размерные группы палтуса (в см)						
	менее 30	30—60	60—90	более 90	30—60	60—90	более 90
Минтай	—	15,9	15,6	9,2	12,7	27,1	36,3
Треска	—	—	—	—	—	0,4	0,8
Макрурусы	—	—	—	—	—	0,4	—
Камбала							
желтоперая	—	0,5	9,1	9,2	—	—	—
хоботная	—	—	1,3	—	—	—	—
желтобрюхая	—	—	—	2,6	—	—	—
палтусовидная	—	—	—	1,3	—	—	—
неопределенные камбалы	—	3,3	19,6	27,6	—	—	0,8
все	—	3,8	30,0	40,8	—	—	0,8
Палтус							
черный	—	0,5	—	1,3	—	0,4	—
азиатский стрелозубый	—	—	—	1,3	—	—	1,6
Корюшковые	—	4,9	11,3	2,6	7,9	3,9	—
Мойва	—	2,2	3,0	—	—	—	—
Песчанка	—	3,3	4,7	—	3,2	0,4	—
Сельдь	—	—	—	—	—	—	4,0
Бычки	—	0,5	6,1	5,2	—	2,1	—
Морские лисички	—	1,6	6,5	6,6	—	—	—
Ликоды	—	0,5	3,0	—	—	4,3	2,4
Липарисы	—	—	0,9	—	—	—	—
Морские окуни	—	—	0,4	—	—	—	0,8
Неопределенные виды рыб	—	28,0	21,3	25,0	24,4	36,2	22,5
Все рыбы		61,5	85,6	86,8	49,2	72,4	64,5
Креветки	77,8	18,0	8,7	1,3	9,5	3,5	0,8
Раки-отшельники	—	8,2	0,9	—	—	14,3	3,1
Крабы-пауки	—	—	1,3	1,3	23,8	5,6	3,2
Крабы-стригуны	—	3,8	1,3	—	15,8	10,2	13,7
Неопределенные ракообразные	11,1	2,2	0,9	—	—	1,3	1,6
Все ракообразные	88,9	32,7	13,0	2,6	63,5	23,7	19,3
Осьминоги	—	1,6	2,6	2,6	—	4,3	12,9
Кальмары	—	—	0,4	1,3	—	—	—
Брюхоногие моллюски	—	1,1	—	1,3	1,6	—	—
Двустворчатые моллюски	—	—	—	1,3	—	—	—
Неопределенные моллюски	11,1	0,5	—	1,3	—	—	—
Все моллюски	11,1	3,3	3,0	10,5	1,6	4,3	12,9
Полухеты	—	1,1	—	—	—	0,4	0,8
Пиявки	—	0,5	—	—	—	—	—
Эхиуры	—	0,5	—	1,3	—	0,4	—
Другие черви	—	0,5	—	—	—	—	—
Все черви	—	2,7	—	1,3	—	0,8	0,8
Актинии	—	—	—	—	—	0,4	—
Медузы	—	—	—	—	—	—	0,8
Неопределенные животные	11,1	4,9	4,7	14,4	4,7	3,9	3,2
Количество проб	9	182	230	76	63	234	124

палтуса этой размерной группы занимает почти одинаковое положение (первые — 19,3, вторые — 12,9%). Среди рыб главенствующее положение занимает минтай (36,3%). Из других рыб отмечены сельдь, ликоды, азиатский стрелозубый палтус, треска, окуни и неопределенные виды камбал.

Среди ракообразных преобладают: краб-стригун (13,7%), затем идут крабы-пауки и раки-отшельники (соответственно 3,2 и 3,1%). Креветки встречаются редко. Моллюски представлены только осьминогами.

Наши данные по питанию палтуса центральной и северо-западной частей Берингова моря сходны с данными Гордеевой [9] для западных и северо-западных районов моря. По ее данным основную часть пищи палтуса здесь составляют рыбы (72%), в первую очередь минтай (42,6%), затем ракообразные (18,4%), среди которых преобладают крабы-стригуны, крабы-пауки и раки-отшельники. Некоторую роль играют головоногие и двустворчатые моллюски (5,2%).

Характер питания палтуса в Беринговом море сходен с питанием палтуса тихоокеанского побережья Америки и Атлантического океана. Так, у тихоокеанского побережья Америки его особи менее 10 см длины [54] питаются главным образом мелкими ракообразными, особи длиной до 29 см — рыбой и креветками, а особи длиной более 29 см — в основном рыбой. В Атлантическом океане мелкий палтус также питается ракообразными. По мере роста в его питании все большую и большую роль начинает играть рыба (песчанка, бычки). Крупные палтусы обычно питаются треской, камбалой, сельдью, макрелью и другими видами рыб. У белокорого палтуса Берингова моря в отличие от многих камбал и других рыб умеренной зоны не наблюдается характерного перерыва в питании зимой. Питается он круглый год (табл. 6), но интенсивность зимнего питания все же слабее летней. Среди питающихся зимой палтусов много молодых рыб, крупные в этот период питаются реже.

Таблица 6

Питание белокорого палтуса по сезонам в Беринговом море в 1957—1960 гг.
(соотношение пустых и наполненных пищевых желудков в %)

Годы	Северо-западная и центральная части моря				Юго-восточная часть моря			
	Пустые желудки		Желудки с пищей		Пустые желудки		Желудки с пищей	
	зима — весна	лето — осень	зима — весна	лето — осень	зима — весна	лето — осень	зима — весна	лето — осень
1957	—	25	—	75	—	—	—	—
1958	—	18	—	82	—	14	—	86
1959	27	50	73	50	46	33	54	67
1960	—	—	—	—	77	45	23	55
Все годы	27	24	73	76	60	23	40	77

Резюмируя все изложенное, приходим к выводу, что в Беринговом море ассортимент пищевых объектов белокорого палтуса широк (более двух десятков видов рыб и других животных) и что недостатка в пище в период своего наиболее интенсивного откорма — летом, он не испытывает, так как легко может заменить один объект питания другим. Все это способствует широкому распространению палтуса в Беринговом море и поддержанию его численности на высоком уровне.

Следовательно, при ярусном лове палтуса в качестве наживки можно использовать любую рыбу, моллюсков, крабов и креветок. Проводившиеся нами осенью 1961 г. опыты с использованием различной на-

живки дали положительные результаты. Несколько охотнее других палтус брал головоногих моллюсков (кальмаров, осьминогов).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И МИГРАЦИИ

По характеру обитания белокорый палтус более всего подходит к полуглубоководным [2] или батинальным [19] видам. В Беринговом море основным районом его обитания является материковый склон и прилегающие к нему участки мелководья. Распределение и миграции палтуса теснейшим образом связаны с факторами внешней среды. Поскольку эти факторы неодинаковы в различных районах Берингова моря, постольку неодинаково в них и распределение и миграции палтуса.

Таблица 7

Распределение белокорого палтуса по глубинам (в шт. на час траления) и частота встречаемости (в %) в юго-восточной части Берингова моря

Показатели	Глубина, м											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
В феврале — апреле 1959 г.												
Средний улов	3,1	6,1	2,8	2,0	1,7	3,5	18,0	6,6	19,0	1,0	1,0	
Частота встречаемости	52	65	60	72	58	80	100	100	100	100	100	100
Число тралов	23	124	10	6	19	9	5	3	4	1	1	1
Общий улов, кг	220	2307	84	73	206	194	546	121	461	6	6	
В январе — апреле 1960 г.												
Средний улов	1,8	7,4	18	—	14,6	25,4	19,8	36,9	—	—	—	—
Частота встречаемости	40	78	100	—	93	94	82	91	—	—	—	—
Число тралов	67	62	2	—	15	28	37	20	—	—	—	—
Общий улов, кг	382	1449	113	—	1421	4593	4735	4767	—	—	—	—

В юго-восточной части моря зимой и в первую половину весны палтус держится на самом юге района. Основная масса рыб сосредоточена на относительно больших глубинах материкового склона и у самой нижней кромки шельфа (рис. 8). Северная граница его распространения в январе — апреле проходит по широте $56^{\circ}20'$ с. ш. — $56^{\circ}30'$ с. ш; изобаты 87—90 м. В феврале — апреле 1959 г. лучшие средние уловы палтуса (6,6—19 шт. за час траления) отмечались на глубинах 350—500 м, где он встречался при всех тралениях (табл. 7). Довольно высокие уловы наблюдались также на глубинах 100—150 м. В январе — апреле 1960 г. распределение палтуса по глубинам было сходно с распределением его в этот период в 1959 г. (табл. 7).

Лучшие средние уловы (18—36,9 шт. за час траления) в 1960 г. отмечались на глубинах 300—450 м и 150—200 м. На этих же глубинах отмечена и максимальная встречаемость палтуса в уловах (82—100%).

Основная масса палтуса зимой и весной сосредоточена при температуре придонной воды выше 3° (табл. 8, рис. 8). Так, в 1959 г. лучшие средние уловы (8—8,2 шт. за час траления) и наибольшая частота встречаемости (82—95%) отмечались при $4-5^{\circ}$. В 1960 г. лучшие средние уловы (10,5—16,6 шт. за час траления) и максимум встречаемости (71—100%) отмечались при $3,5-5,5^{\circ}$.

При температуре воды ниже 3° палтус встречался редко, а средние уловы его за час траления, как правило, были невелики.

В январе — апреле палтус, сосредоточиваясь на ограниченной площади, образует наиболее плотные скопления. Важнейшие с промысло-

вой точки зрения зимовальные скопления расположены на участке материкового склона между 167° — 169° з. д. (см. рис. 8). На этих скоплениях его уловы обычным 27,1-метровым сельдяным тралом нередко составляют 1—5 ц и даже 10 ц за час траления (хотя трал, как известно, — малоэффективное орудие для лова палтуса). Лучшие результаты, вне всякого сомнения, были бы получены при использовании других, более эффективных в данном случае орудий лова, в частности ярусов.

Зимой и весной палтус ведет мало активный образ жизни, не совершает больших перемещений, причем мелкие особи придерживаются в основном северных мелководных участков, а крупные концентрируются на больших глубинах материкового склона.

Зимой и весной палтус продолжает питаться, однако четкой зависимости в его распределении и распределении кормовых объектов в этот период не наблюдается.

В конце апреля — начале мая, по мере потепления вод, палтус начинает мигрировать на мелководье. Первыми начинают движение те особи, которые держатся вблизи о. Унимак и в северо-восточной части района зимовки. Миграционное движение направлено сначала на северо-восток — в Бристольский залив, так как температурные условия там более благоприятны, чем в соседних районах мелководья. Туда же, несколько опережая палтуса, мигрирует желтоперая камбала — его основной кормовой объект в юго-восточной части Берингова моря. К кон-

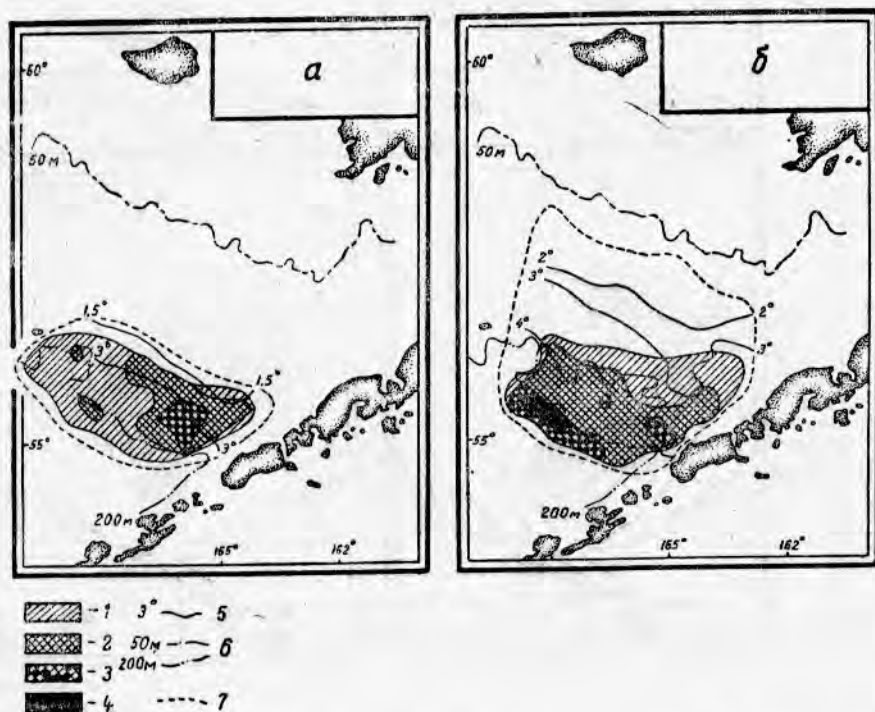
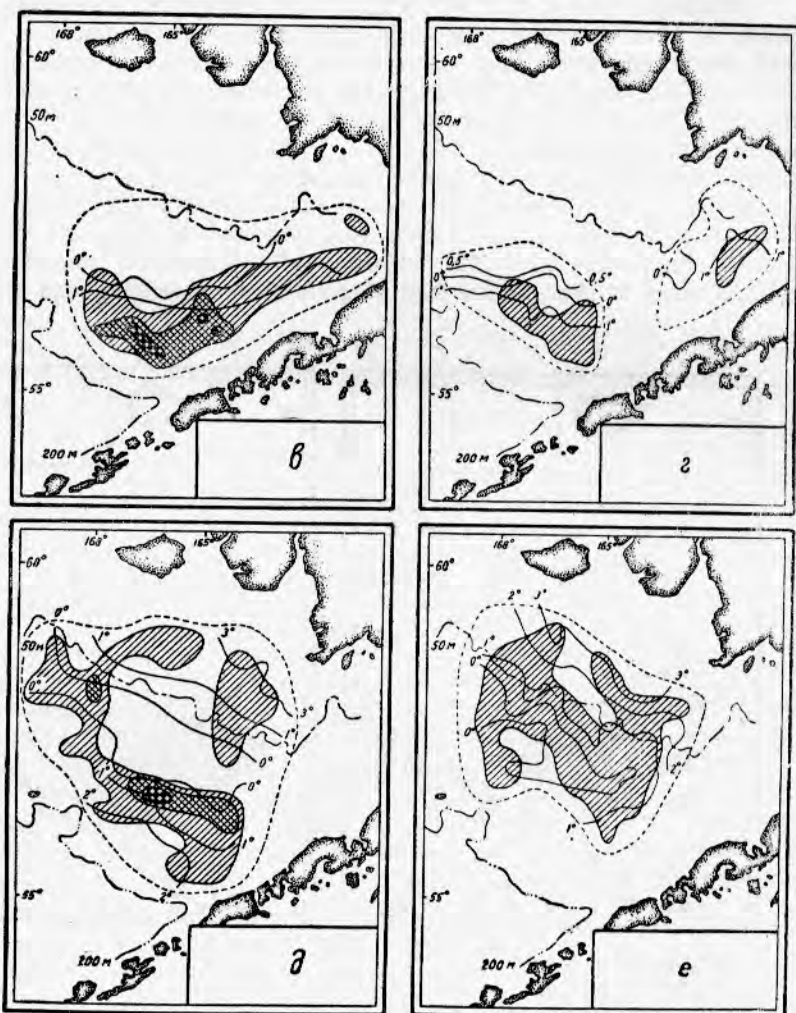
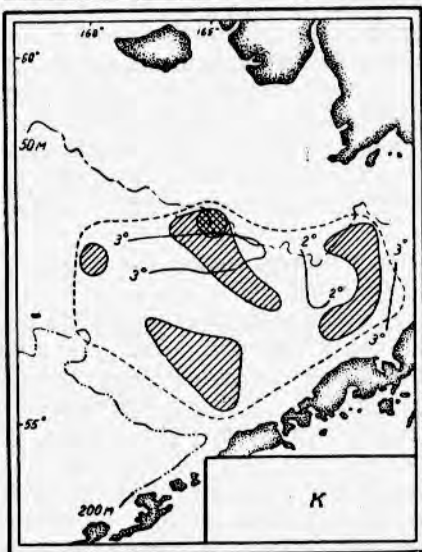
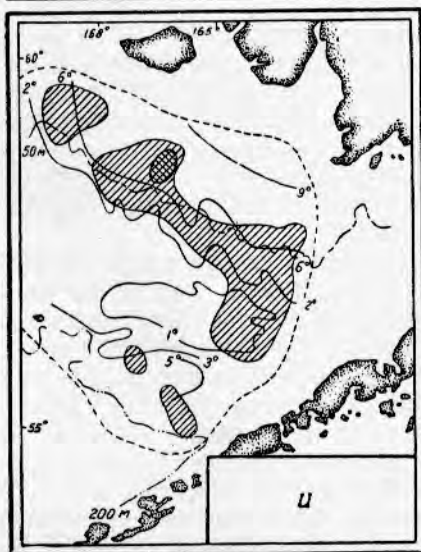
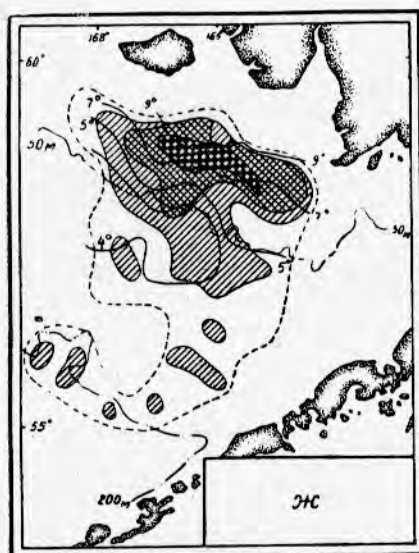


Рис. 8. Распределение белокорого палтуса в юго-восточной части Берингова моря (по данным траловых уловов):

a — февраль—март 1959 г. (190 тралений); *б* — январь—апрель 1960 г. (228 тралений); *в* — май 1960 г. (138 тралений); *г* — май 1961 г. (140 тралений); *д* — июнь 1959 г. (136 тралений); *е* — июнь 1960 г. (181 траление); *ж* — июль—август 1958 г. (285 тралений); *з* — июль—август 1959 г. (201 траление); *и* — сентябрь—октябрь 1959 г. (195 тралений); *к* — октябрь—ноябрь 1960 г. (79 тралений); уловы за час траления: 1 — менее 50 кг, 2 — от 50 до 100 кг, 3 — от 100 до 500 кг, 4 — более 500 кг; 5 — изотермы, 6 — изобаты, 7 — границы обследованного района (рис. 8, *в* — *к* см. на стр. 188—189).





см. на рис. 187).

Таблица 8

Распределение белокорого палтуса в зависимости от температуры придонной воды (в шт. на час траления) и частота встречаемости в юго-восточной части Берингова моря в феврале — апреле

Показатели	Отрицательная		Положительная температура, град.													
	-1,5	-1	-0,5	-0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	
1959 г.																
Средний улов, шт.	—	—	—	—	0,5	1,2	6,2	—	0,2	5,0	5,4	8,0	8,2	—	—	—
Частота встречаемости, %	—	—	—	—	50	20	56	—	23	53	72	95	82	—	—	—
Число тралов	—	—	—	—	2	5	18	3	11	13	54	18	11	—	—	—
Общий улов, кг	—	—	—	—	4	24	452	—	8	258	1180	586	368	—	—	—
1960 г.																
Средний улов, шт.	0	—	—	0	0	0	0	0	1,3	1	16,6	12,8	10,5	15	—	—
Частота встречаемости, %	0	—	—	—	—	—	—	—	14	44	94	93	71	100	—	—
Число тралов	1	—	2	3	2	3	6	5	21	9	78	93	7	1	—	—
Общий улов, кг	—	—	—	—	—	—	—	—	145	46	6742	6199	382	77	—	—

цу апреля мигрирующий палтус достигает широты 50° 50' с. ш. — 36° 58' с. ш. (70-метровой изобаты). В мае начинается повсеместная миграция на мелководье всего юго-восточного стада. Теперь палтус движется не только на северо-восток, но и прямо на север. К концу месяца северная граница его распространения проходит примерно по широте 57° 40' и 55-метровой изобате (рис. 8). Отдельные особи встречаются в водах с очень низкой, до отрицательной включительно, температурой.

В июне палтус, ускоряя движение на север и северо-восток, достигает 59° 05'—59° 14' с. ш. и изобат 25—30 м. В этот период на мелководье с мест зимовок перемещается основная часть стада палтуса, обитающего в юго-восточной части Берингова моря. На юге района, в пределах материкового склона, остается лишь небольшое количество крупных особей, которые в поисках пищи совершают, по всей вероятности, горизонтальные миграции вдоль склона на той или иной глубине.

В июне лучшие средние уловы палтуса и наибольшая частота встречаемости отмечались на глубинах 50—100, 100—150 м (табл. 9).

Как видно из табл. 10 и рис. 8, не малая часть рыб в июне 1960 и 1961 г. встречалась в водах с отрицательной температурой, причем частота встречаемости и величина самих уловов были такими же или даже большими, чем при положительной температуре. Это явление наблюдается только в Беринговом море.

В водах с отрицательной температурой палтус оказывается при проходе срединной части мелководья, где расположено холодное «пятно», сохраняющееся летом в течение длительного времени. Это «пятно» минует лишь та часть стада, которая мигрирует сначала в Бристольский залив, а затем вдоль побережья Аляски к о. Нунавик.

В июле миграция палтуса на мелководье в основном заканчивается. Он распределяется на обширной акватории между о-вами Прибылова и побережьем Аляски (рис. 8 и 9), достигая самой северной точки

Таблица 9

Распределение белокорого палтуса по глубинам
(в шт. на час траления) и частота встречаемости
в юго-восточной части Берингова моря в июне

Показатели	Глубина, м			
	0 — 50	— 100	— 150	
1959 г.				
Средний улов, шт.	1,1	5,5	4	
Частота встречаемости, %	55	57	87	
Число тралов	51	71	15	
Общий улов, кг	175	1178	184	
1960 г.				
Средний улов, шт.	1,2	2,5	—	
Частота встречаемости, %	51	78	—	
Число тралов	68	114	—	
Общий улов, кг	252	889	—	

Таблица 10

Распределение белокорого палтуса в зависимости от температуры придонной воды
(в шт. на час траления) и частота встречаемости
в юго-восточной части Берингова моря в июне

Показатели	Отрицательная				Положительная температура, град.									
	—1,5	—1,0	—0,5	—0	—0,5	—1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	
1959 г.														
Средний улов, шт.	—	3,5	1,7	2,4	7,5	3,6	0,7	1,0	3,2	0,7	0,5	—		
Частота встречаемости, % . . .		75	55	48	80	79	46	50	75	50	50	—		
Число тралов . .	1	4	20	29	15	14	15	14	8	6	2	—		
Общий улов, кг . .	—	56	137	279	456	206	44	56	105	16	4	—		
1960 г.														
Средний улов, шт.	—	0,4	2,2	2,1	2,3	2,1	1,5	3,1	2,6	1,5	1,0	1,0		
Частота встречаемости, % . . .	—	20	75	76	54	61	57	91	50	100	100	10		
Число тралов . .		5	20	30	24	34	28	13	10	6	3			
Общий улов, кг . .	—	10	233	331	284	367	217	207	134	46	15	1		

своего распространения — 62°50' с. ш., т. е. почти широты о. Лаврентия, отстоящей от мест зимовки более чем на 500 миль. Сюда палтуса привлекает богатая кормовая база. Здесь он проводит лето и первую половину осени.

Подавляющая масса рыб в этот период держится на глубинах от 25 до 50 м (табл. 11). На этих же глубинах наблюдаются и лучшие средние уловы и наибольшая частота встречаемости палтуса. Немного рыб встречается на глубинах от 50 до 400 м.

В июле — октябре палтус встречается в водах с широким диапазоном температуры более широким, чем во все другие сезоны года — от минус 0,5 до плюс 10°, но основная масса рыб придерживается вод с температурой от плюс 4,5 до плюс 10° (табл. 12). При температуре ниже плюс 4,5° он встречается редко, единичными экземплярами.

Летом палтус интенсивно откармливается, держится рассеянно на

всей площади нагула, не образуя устойчивых скоплений. В это время максимальный его улов за час траления не превышает 3 ц.

Летне-осеннее распределение палтуса в значительной мере определяется размещением его основного кормового объекта — желтоперой камбалы.

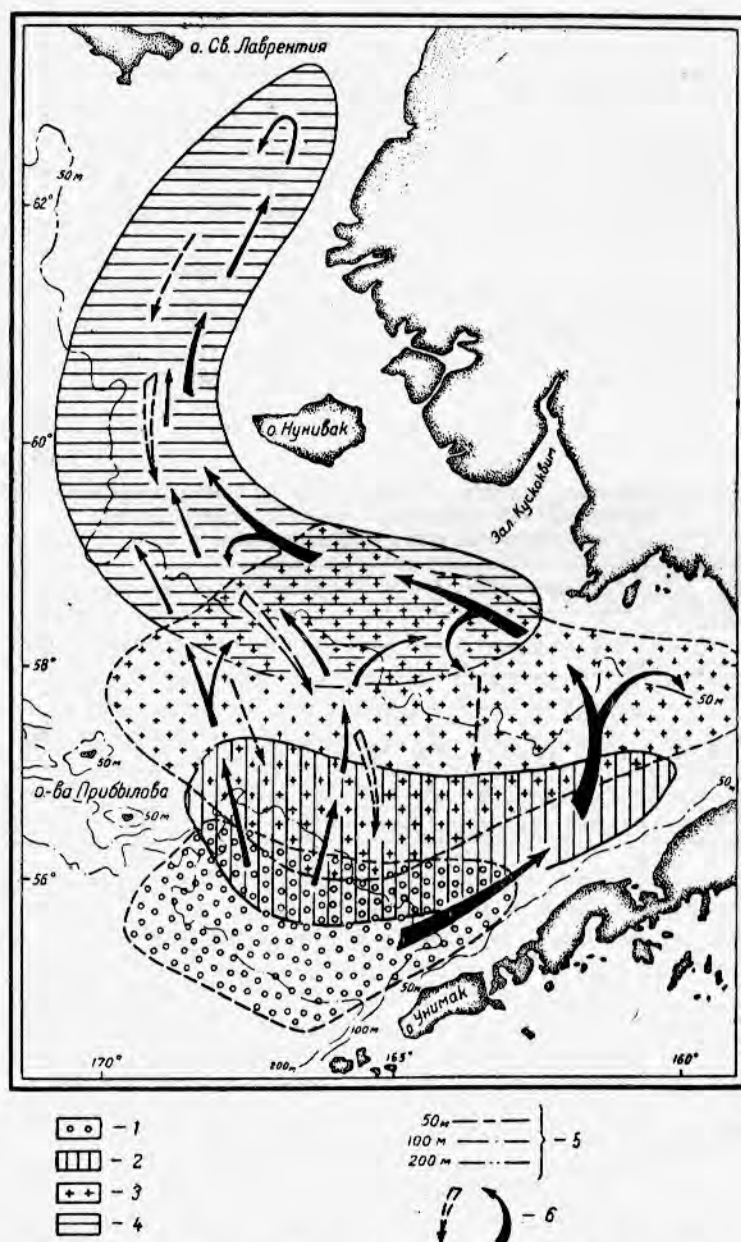


Рис. 9. Схема сезонного распределения и миграций белокорого палтуса в юго-восточной части Берингова моря:

1 — январь—апрель; 2 — май; 3 — июнь; 4 — июль—сентябрь;
5 — изобаты; 6 — направление миграций.

Осенью, во второй половине октября, палтус начинает медленно отходить на юг, к местам зимовки и нереста вследствие похолодания прибрежных вод, отхода кормовых объектов и, вероятно, достижения палтусом определенной степени упитанности (у половозрелых особей из-

Таблица 11

Распределение белокорого палтуса по глубинам (в шт. на час траления)
и частота встречаемости в юго-восточной части Берингова моря

Показатели	Глубина, м										
	0	— 50	— 100	— 150	— 200	— 250	— 300	— 350	— 400	— 450	— 500
Июль — сентябрь 1958 г.											
Средний улов, шт.	9,2	0,5	0,4	0,4	1,6	1,0	1,5	3,0	—	—	—
Частота встречаемости, % . . .	92	27	33	40	100	100	100	100	—	—	—
Число тралов . . .	78	159	11	5	5	2	4	1	—	—	—
Общий улов, кг . .	3943	423	27	11	—	—	—	—	—	—	—
Август — октябрь 1959 г.											
Средний улов, шт.	1,6	0,3	0,4	0	0	0	0,1	0,2	0	0	0
Частота встречаемости, % . . .	44	32	26	0	0	0	11	25	0	0	0
Число тралов . . .	96	218	39	5	11	10	9	4	1	2	2
Общий улов, кг . .	462	235	51	0	0	0	6	6	0	0	0

вестную роль играет также степень зрелости гонад). В конце октября — начале ноября обратный отход палтуса ускоряется, к этому времени он спускается южнее $58^{\circ}00'$ с. ш. (рис. 8). В декабре обратная миграция к местам зимовок и нереста заканчивается, и палтус снова сосредоточивается на материковом склоне и прилегающей кромке шельфа к югу от $56^{\circ}30'$ с. ш. Миграционный цикл на этом заканчивается.

Таким образом, палтусу юго-восточной части Берингова моря присущи хорошо выраженные сезонные миграции, которые по своему характеру подразделяются на весенне-летнюю кормовую миграцию с глубин на мелководье и осеннюю зимовочно-нерестовую миграцию с мелководья на глубины. Палтус мигрирует широким фронтом. Однако было бы неправильно утверждать, что у него нет определенных миграционных путей.

Первый, наиболее важный путь палтуса к районам летнего нагула проходит на самом востоке района вдоль п-ова Аляски сначала до Бристольского залива, а затем поворачивает на север и северо-запад к о. Нунивак (рис. 9), т. е. он направлен в обход зоны холодных вод «пятна» срединной части мелководья. Этот путь мы называем **восточным** путем. Он проходит в местах с наиболее благоприятным для палтуса температурным режимом. С него начинается весенне-летняя миграция и по нему движется основная масса мигрирующего палтуса. Второй путь проходит через центральную часть района. Он самый короткий, но движущийся по нему палтус должен преодолевать холодное «пятно». Его мы называем **центральным** путем. Третий путь — **западный** — проходит вблизи о-вов Прибылова. Здесь мигрирующий палтус также должен преодолевать «барьеры» холодных вод.

Обратно с мелководья на глубины палтус движется по тем же путям, однако основная его масса в это время, вероятнее всего, движется кратчайшим путем, так как к осени «пятно» холодных вод в значительной степени рассасывается.

Скорость движения палтуса сравнительно невелика. Косвенные определения показывают, что за сутки он проходит в среднем расстояние в 4—4,5 мили.

Общая протяженность миграционных путей палтуса в юго-восточной части Берингова моря значительна. Та часть стада (основная), которая нагуливается к югу от о. Нунивак, преодолевает расстояние в 300—

Распределение белокорого палтуса в зависимости от температуры придонной воды (в шт. на час траления)
и частота встречаемости в юго-восточной части Берингова моря

Показатели	Отрицательная	Положительная температура, град.																				
	— 0,5 — 0	— 0,5 — 1	— 1,5 — 2	— 2,5 — 3	— 3,5 — 4	— 4,5 — 5	— 5,5 — 6	— 6,5 — 7	— 7,5 — 8	— 8,5 — 9	— 9,5 — 10											
Июль — сентябрь 1958 г.																						
Средний улов, шт.	—	—	—	—	0	0	0,2	0,2	1,3	1,2	3,0	10,2	2,2	5,5	9,6	13,2	10,5	10,2	17,0	7,0	—	
Частота встречаемости, %	—	—	—	—	0	0	19	19	65	47	89	80	100	93	80	87	94	87	100	100	—	
Число тралов	—	—	—	—	4	19	32	42	25	16	9	5	5	10	15	8	17	8	4	3	—	
Общий улов, кг	—	—	—	—	0	0	33	60	187	104	148	280	60	302	797	583	979	451	374	115	—	
Июнь — октябрь 1959 г.																						
Средний улов, шт.	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,4	0,5	0,8	0,8	2,6	0,5	2,4	0,7	2,4	2,3	4,3	3,0	9,0	2,0	
Частота встречаемости, %	11	14	16	13	17	20	22	22	17	36	44	50	50	60	75	80	83	33	50	100	100	
Число тралов	28	29	32	39	29	20	18	18	52	25	9	12	4	15	4	5	6	3	2	1	1	
Общий улов, кг	8	16	28	32	20	24	20	28	117	85	28	129	8	149	12	48	56	52	24	36	8	

350 миль, а та, которая нагуливается к северу от этого острова, проходит путь в 500 и более миль.

Таких протяженных миграций не совершает ни палтус из других районов Тихого океана, ни палтус Атлантического океана (речь идет о регулярных миграциях всего стада, а не отдельных особей, которые могут иногда мигрировать на расстояние 2000—2500 миль).

У тихоокеанского побережья Америки, где палтус хорошо изучен, известны два его стада, не смешивающиеся между собой: одно — к югу от м. Спенсер, другое — к северо-западу и западу от него [40, 49, 60, 65, 66]. Палтус первого (южного) стада не совершает протяженных миграций, все его перемещения ограничиваются пределами банок и не имеют определенного направления. Протяженность миграций составляет в среднем 25 реже 50 миль. Палтус второго (западного) стада совершает более протяженные миграции. Особи, помеченные вблизи Якутат-Спит, летом мигрировали к западу на 250 миль, а иногда и дальше, до о-вов Шумагина. Особи, помеченные у о-вов Шумагина, осенью и зимой двигались, наоборот, на восток к Якутат-Спит. В очень редких случаях палтус мигрировал к югу от м. Спенсер, проходя расстояние в 500 и даже 2500 миль.

В Атлантическом океане известные миграции палтуса от Фарерских о-вов к берегам Исландии и в Северное море [68], с Медвежьинской банки к берегам Норвегии [47], из Норвежского в Баренцево море [18, 48], по своей протяженности уступают миграциям палтуса в юго-восточной части Берингова моря. Правда, Мак-Кракен и Мартин [62] описывают случаи, когда палтус (за 7 лет) прошел путь в 1600 миль, но этот случай — единичный.

Помимо весенне-летних кормовых миграций с глубин на мелководье и осенних зимовочно-нерестовых с мелководья на глубины, палтус юго-восточной части Берингова моря совершает также миграции в смежные районы Тихого океана [54, 55]; не отрицая значения этих миграций в связях стада палтуса юго-восточной части Берингова моря и западного стада Тихого океана, мы относим их к разряду случайных. По масштабам и значению их нельзя приравнять к описанным выше миграциям палтуса в пределах самого Берингова моря, так как происходят они нерегулярно, с разной степенью интенсивности.

Схема сезонного распределения и миграций палтуса в центральной и северо-западной частях Берингова моря и в Олюторском заливе в целом такая же, как и в юго-восточной части моря. Однако распределение его по глубинам и в зависимости от температуры воды, а также протяженность миграционных путей здесь иные. В центральной и северо-западной частях Берингова моря зиму и первую половину весны палтус проводит на материковом склоне при положительной температуре воды (детали распределения неизвестны, так как район в это время из-за тяжелых льдов недоступен для наблюдений). Имеющиеся у нас данные за март—апрель по центральной части моря (табл. 13) показывают, что палтус встречается на глубинах от 150 до 450 м, но преимущественно на глубинах 250—300 и 350—450 м, где отмечались лучшие уловы (10 ц за час траления). В отличие от юго-восточной части Берингова моря, где палтус весной встречался до глубины 90 м, здесь его не было уже на глубинах 140—150 м.

В конце мая — начале июня часть стада палтуса начинает мигрировать с больших глубин на мелководье. Эта миграция продолжается весь июнь, а в некоторые годы и весь июль. К концу этого периода палтус распределяется на обширной акватории, включающей довольно широкую полосу мелководья и материковый склон в центральной части моря, все прибрежное мелководье и склон — в северо-западной его части (рис. 10).

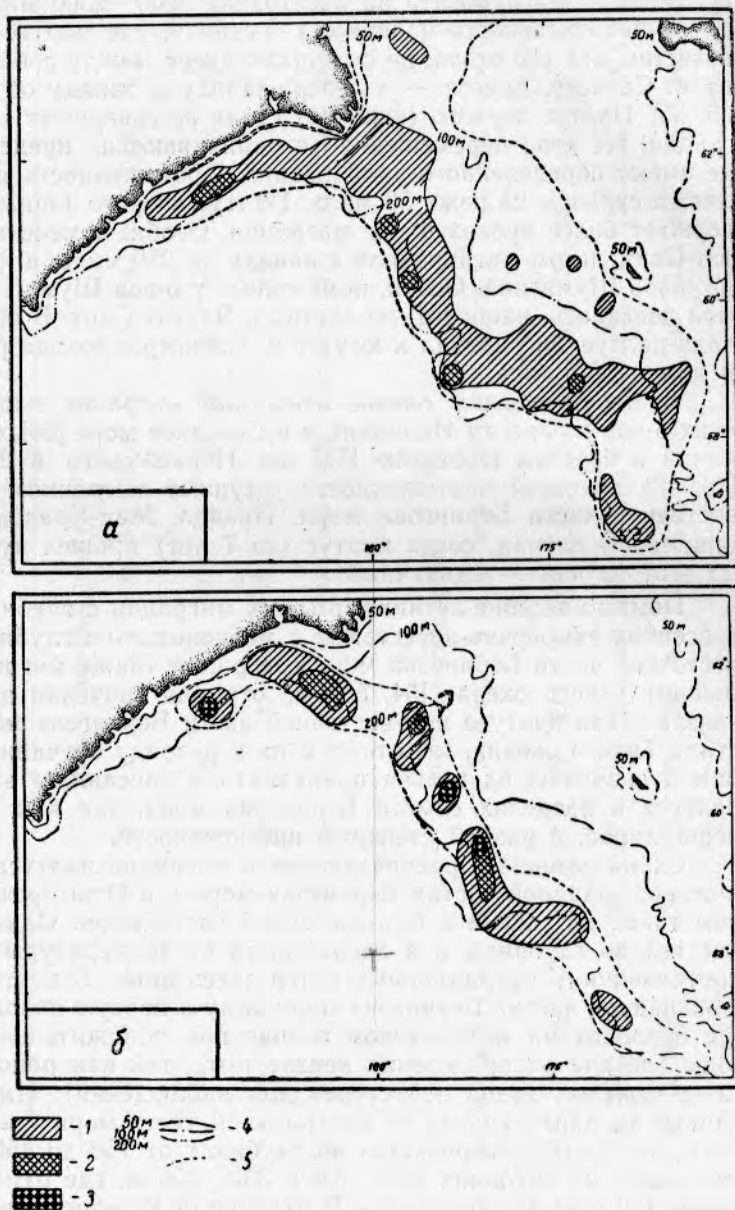
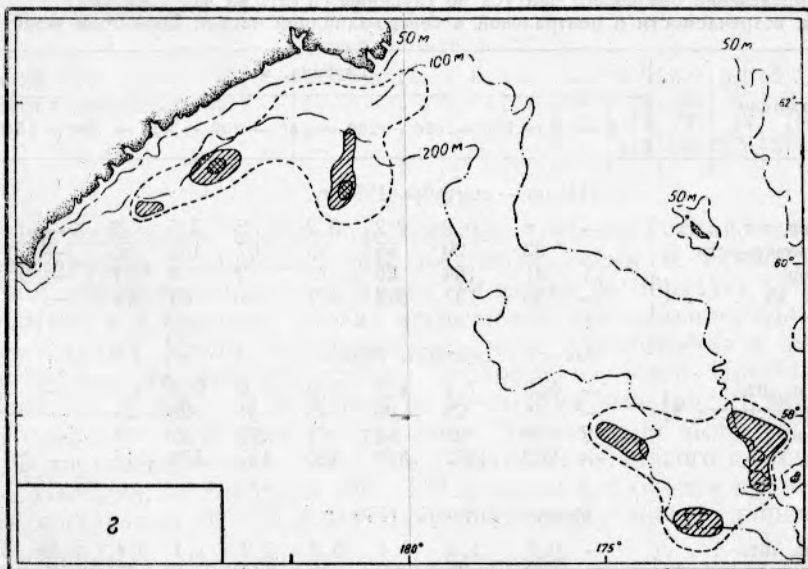
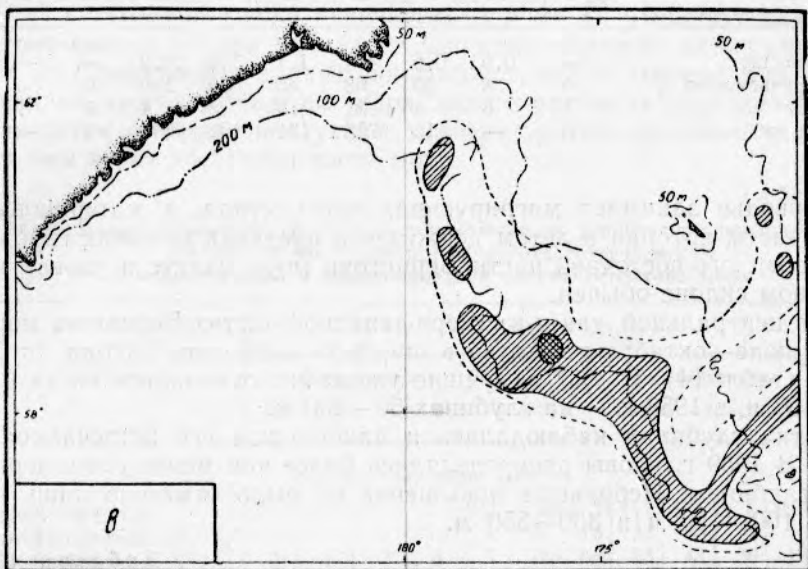


Рис. 10. Распределение белокорого палтуса в северо-западной уло
 а — июнь—сентябрь (336 тралений); б — август—сентябрь
 ний); г — июль—сентябрь 1960 г. (292 траления); уловы за
 до 500 кг; 4 — изобаты; 5 —



и центральной частях Берингова моря (по данным траловых вов):

1958 г. (147 тралений); в — июнь—октябрь 1959 г. (179 тралечас траления: 1 — менее 50 кг; 2 — от 50 до 100 кг; 3 — от 100

границы обследованного района.

Таблица 13

Распределение белокорого палтуса по глубинам (в шт. на час траления)
и частота встречаемости в центральной части Берингова моря
в марте — апреле 1959 г.

Показатели	Глубина, м									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
Средний улов, шт.	—	0,6	0,5	4,4	1,1	7,0	19,2	—	—	—
Частота встречаемости, %	0	38	50	68	40	50	100	0	0	0
Число тралов	1	8	4	22	15	3	4	0	1	1
Общий улов, кг	0	—	15	755	131	162	594	—	—	—

Мелководье занимает мигрирующая часть стада, а материковый склон та часть, которая и летом держится в пределах больших глубин. В отличие от юго-восточной части Берингова моря палтус в уловах на материковом склоне обычен.

Как в центральной, так и в северо-западной частях Берингова моря палтус в июне—октябре держится в широком диапазоне глубин: от 50 до 450 м (табл. 14). В 1957 г. лучшие уловы его отмечались на глубинах 150—400 м, в 1958 г. — на глубинах 50—200 м.

На этих глубинах наблюдалась и наибольшая его встречаемость в уловах. В 1959 г. уловы распределялись более или менее равномерно по всем глубинам. Небольшое повышение их было отмечено лишь на глубинах 100—150 м и 300—350 м.

Таблица 14

Распределение белокорого палтуса по глубинам (в шт. на час траления)
и частота встречаемости в центральной и северо-западной частях Берингова моря

Показатели	Глубина, м									
	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Июнь — сентябрь 1957 г.										
Средний улов, шт.	—	0,6	0,8	2,2	3,2	2	3,5	2	—	—
Частота встречаемости, %	—	33	29	55	75	67	100	50	—	—
Число тралов	21	91	158	26	16	3	2	1	—	—
Общий улов, кг	—	330	732	348	467	54	63	18	—	—
Август — сентябрь 1958 г.										
Средний улов, шт.	—	5,0	7,1	4,2	0,9	0,8	0,9	0,3	—	—
Частота встречаемости, %	—	88	78	80	45	31	28	29	—	—
Число тралов	2	8	23	31	22	29	25	7	—	—
Общий улов, кг	—	262	1072	850	166	197	173	16	—	—
Июнь — октябрь 1959 г.										
Средний улов, шт.	—	0,9	1,4	0,4	0,8	0,9	1,1	0,4	0,8	—
Частота встречаемости, %	—	50	35	33	45	44	50	45	17	—
Число тралов	—	10	23	12	36	32	18	9	6	—
Общий улов, кг	—	—	—	—	231	223	154	31	38	—

За все три года наблюдений палтус ни разу не попадался на глубинах менее 50 м. В этом одно из существенных различий в летнем распределении палтуса по сравнению с его распределением в юго-восточной части моря (там он сосредоточен летом на глубинах менее 50 м). Выходу палтуса на меньшие глубины в центральной и северо-западной частях Берингова моря препятствует обширное Анадырско-Лаврентьев-

ское холодное «пятно», сохраняющееся в течение всего лета. Близость упомянутого «пятна», кроме того, сказывается на термическом режиме районов летнего откорма палтуса, расположенных южнее. В частности, максимальная температура придонного слоя воды в них за весь период наших наблюдений не превышала 5,5°. Так, в 1957 г. палтус встречался при температуре воды от 0 до 4°, причем лучшие уловы отмечались при 1,5—3° (табл. 15). В 1958 г. он встречался при температуре воды от 1,5 до 4°; лучшие уловы отмечались при 2—3°, а наибольшая частота встречаемости — при 1,5—2,5°. Сходная картина наблюдалась и в 1959 г. Приведенные данные показывают, что в центральной и северо-западной частях Берингова моря летнее распределение палтуса ограничивается сравнительно узким температурным диапазоном, более узким, чем в юго-восточной части моря.

Таблица 15

Распределение белокорого палтуса в зависимости от температуры придонной воды (в шт. на час траления) и частота встречаемости в центральной и северо-западной частях Берингова моря

Показатели	Температура, град													
	Отрицательная							Положительная						
	-2	-1,5	-1	-0,5	-0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5
Июнь — сентябрь 1957 г.														
Средний улов, шт.	—	—	—	—	0,1	0,4	0,3	1,1	1,1	1,6	0,2	0,5	—	—
Частота встречаемости, %	—	—	—	—	14	31	16	37	30	22	10	30	—	—
Число тралов	1	1	1	6	7	13	68	58	43	36	13	10	—	—
Общий улов, кг	7	—	—	—	7	41	142	393	339	407	20	34	—	—
Август — сентябрь 1958 г.														
Средний улов, шт.	—	—	—	—	—	—	—	3,5	7,0	6,0	2,1	0,8	—	—
Частота встречаемости, %	—	—	—	—	—	—	—	69	85	57	53	38	—	—
Число тралов	—	—	—	—	—	—	3	13	20	14	19	37	1	—
Общий улов, кг	—	—	—	—	—	—	—	312	956	576	271	210	—	—

На мелководье палтус держится до глубокой осени, интенсивно откармливаясь различными рыбами, моллюсками и ракообразными. Ведя такой активный образ жизни, он летом не образует устойчивых скоплений и в траловых уловах встречается, как правило, единичными экземплярами. Уловы повышаются по мере приближения к материковому склону, на всем протяжении которого от о-вов Прибылова до м. Наварин и далее к юго-западу от бухты Дежнева (рис. 9) они нередко составляют 1—2 ц за час траления. Значительно выше уловы ярусов. В частности, осенью 1961 г. на участке материкового склона, к югу от м. Наварин, на глубинах 280—380 м уловы нескольких промысловых шхун составляли 10—15 ц за одну постановку яруса длиной всего 4—6 км.

Отход палтуса с летних пастбищ на глубины начинается в октябре и заканчивается, по всей вероятности, в декабре.

В центральной и северо-западной частях Берингова моря четко выраженных путей миграций палтуса не прослежено. В какой-то мере выделяется лишь один район — «желоб» по 178° з. д., направленный от материкового склона в сторону Анадырского залива. Желоб отличается более благоприятным температурным режимом по сравнению с окружающими участками мелководья, и по нему весной и осенью движется немалая часть обитающего здесь стада палтуса. Протяженность миграционных путей палтуса в этих районах Берингова моря меньше, чем в

юго-восточной части. Так, в центральной части моря, между о-вами Прибылова и Матвея, он мигрирует от мест зимовок на расстояние максимум 200—220 миль; в районе между о. Матвея и примерно 178° з. д. — на 150—170 миль; у азиатского побережья, между м. Наварин и бухтой Дежнева — на 40—60 миль. В связи с этим становится понятным наличие палтуса в промысловых количествах летом на материковом склоне, ведь районы его зимовок и нагула в центральной и северо-западной частях моря сближены и он может за короткий срок перемещаться с мелководья на склон и обратно; много рыб вообще не покидает материковый склон даже летом.

Зимой в Олюторском заливе палтус, как и в других районах Берингова моря, сосредоточен на больших глубинах материкового склона при положительных температурах. В конце весны он мигрирует на меньшие глубины. Летом распределяется по всему прибрежному мелководью залива, в основном на глубинах 30—55 м. В диапазоне указанных глубин преобладает мелкий палтус (средняя длина 57,6 см); крупные особи держатся чаще на больших глубинах. Приведенные данные согласуются с выводами Гордеевой [9]. Летом палтус Олюторского залива встречается в водах с температурой от 1 до 7,5°. По данным Полутова [33] оптимальной температурой для периода его откорма является 2,5°. Осенью 1956 г. лучшие уловы отмечались при температуре воды 5,5—7,5°.

В траловых уловах палтус встречается по всей акватории залива, но чаще всего — в центральной части. Уловы за час траления нередко достигают нескольких десятков штук (1—2 ц). Распределение палтуса в Олюторском заливе во многом сходно с его распределением в юго-восточной части Берингова моря: и тут, и там он держится в основном на одинаковых глубинах при относительно высокой температуре воды и наиболее часто встречается у границ скоплений желтоперой камбалы. Лишь протяженность миграционных путей палтуса в Олюторском заливе в 10—12 раз короче, чем в юго-восточной части моря.

Заканчивая характеристику сезонного распределения и миграций палтуса, остановимся на вопросе о его температурном оптимуме в Беринговом море. Температурный оптимум тихоокеанского белокорого палтуса, как известно [66], лежит в пределах 3—8°. В районах с такой температурой, например, у тихоокеанского побережья Северной Америки, он достигает высокой численности и образует промысловые скопления. В районах с более высокой или, наоборот, с более низкой температурой палтус, по мнению упомянутых авторов, встречается редко и промыслового значения не имеет.

Аналогичная картина наблюдается и в Атлантическом океане [63, 66], где палтус в промысловых количествах тоже встречается при температуре воды 3—8°. Мак-Кракен [63] отмечает, в частности, что в водах с температурой менее 2,5° палтуса в уловах вообще не было.

Иначе обстоит дело в Беринговом море. Как показывают наши данные, температурный оптимум палтуса здесь лежит в пределах 1—10°, т. е. он более широк, чем в каких-либо других районах Тихого или Атлантического океанов. Кроме того, в Беринговом море он нередко встречается даже в водах с отрицательной температурой.

ОЦЕНКА СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ

Относительно численности палтуса в Беринговом море единой точки зрения не существует. По мнению американских исследователей [66] Берингово море ввиду суровых гидрологических условий относится к районам случайного попадания палтуса. Некоторое предпочтение они отдавали лишь юго-восточной части моря с более благоприятным тем-

пературным режимом. Такой же по существу точки зрения на численность палтуса в Беринговом море придерживаются и другие американские исследователи, занимавшиеся изучением этого вида в более позднее время [53, 54].

По мнению отечественных исследователей [5, 8, 19, 20, 32, 33, 35] в Олюторском заливе и вообще вдоль Корякского побережья, т. е. в районах с довольно суровым температурным режимом, палтус может служить объектом специального промысла. Расс [35], основываясь на результатах икорных и личиночных ловов, считает вполне возможным вылов в этих районах нескольких десятков тысяч центнеров палтуса. К сожалению, о численности палтуса в других районах Берингова моря упомянутые авторы, за исключением Вернидуб [5], точка зрения которой в данном случае совпадает с точкой зрения американских исследователей, ничего не сообщают.

В ходе наших исследований полностью подтвердилась точка зрения отечественных ихтиологов относительно численности белокорого палтуса в западных и северо-западных частях Берингова моря. Что касается мнения американских исследователей, то оно, как оказалось, не соответствует действительности, и его следует признать ошибочным.

Во-первых, непосредственные результаты тралений судов экспедиции и результаты промышленного лова убедительно показывают, что Берингово море обладает значительными запасами палтуса и ни в коем случае не может быть отнесено к районам его случайного попадания. Достаточно сказать, что в настоящее время там ежегодно добывается около 130 тыс. ц, хотя промысел начат лишь в 1958 г. и не получил широкого развития.

Во-вторых, не все районы Берингова моря характеризуются суровым температурным режимом, неблагоприятным для палтуса (к ним нельзя отнести, например, материковый склон открытой части моря или глубинные участки юго-восточного мелководья).

В-третьих, сам палтус в Беринговом море является более эвритермным, чем в каком-либо другом районе Тихого океана (его температурный оптимум здесь, как мы отмечали ранее, более широк и лежит в пределах $1-10^{\circ}$, а не $3-8^{\circ}$).

В-четвертых, другие факторы среды: течения, рельеф дна, грунты, кормовая база и т. д. во многих районах Берингова моря также благоприятны для обитания палтуса.

Следовательно, наличие благоприятных условий обитания в ряде районов Берингова моря в сочетании со значительной экологической пластичностью самого палтуса создают все предпосылки для широкого распространения его в этом водоеме и поддержания численности на высоком уровне.

Численность палтуса неодинакова в различных районах Берингова моря, так как в биологическом отношении берингоморское стадо палтуса неоднородно. Анализ и сопоставление всех данных по размерному составу, возрасту и темпу роста, распределению и миграциям позволяет предполагать наличие в Беринговом море нескольких локальных стад палтуса, между которыми имеются некоторые миграционные связи. По самым предварительным данным можно думать о наличии двух стад, район обитания которых укладывается в границы выделенных нами районов моря, поэтому одно из стад мы называем Олюторским, а другое — северо-восточным с возможным более дробным его подразделением впоследствии.

Северо-восточное стадо палтуса занимает огромную площадь — от м. Наварин на западе до побережья Аляски на востоке и от широты о. Лаврентия на севере до Алеутской гряды и материкового склона

на юге. На самом юге оно обменивается особями с западным стадом Тихого океана, обитающим к югу от п-ва Аляски.

Обширность занимаемой палтусом площади, частота встречаемости в уловах, наличие скоплений с высокими (до 10 ц за час траления) уловами и результаты промышленного лова иностранным флотом позволяют считать северо-восточное стадо палтуса и особенно его юго-восточную часть наиболее численным в Беринговом море.

Американские исследователи [54] считают палтуса, обитающего в юго-восточной части Берингова моря, лишь частью большой популяции, обитающей в Тихом океане южнее п-ова Аляски, ссылаясь в качестве доказательства на результаты мечения, на неблагоприятные для нереста гидрологические условия Берингова моря и на отсутствие там рыб старше максимального возраста незрелых.

Результаты американского мечения палтуса действительно показывают обмен особями между Беринговым морем и Тихим океаном через проливы Алеутской гряды, но эти миграции, как мы отмечали ранее, в основном носят случайный характер, происходят нерегулярно и, конечно, не могут обеспечить все пополнение юго-восточного скопления, как и не могут идти ни в какое сравнение с миграциями палтуса в пределах самого Берингова моря. Палтус Берингова моря связан, по всей вероятности, с тихоокеанской популяцией по своему происхождению, но в настоящее время это стадо обособилось до такой степени, что его можно считать вполне самостоятельным. Отсюда довольно заметные различия в размерах, темпе роста, возрасте и миграциях между палтусом обеих стад (см. соответствующие разделы настоящей статьи).

Утверждение, что условия в юго-восточной части Берингова моря неблагоприятны для нереста палтуса, а особи старше максимального возраста незрелых вообще отсутствуют, не соответствует действительности. Гидрологические условия здесь вполне благоприятны для нереста, а особи старше максимального возраста незрелых встречаются даже в траловых уловах (трал отлавливает преимущественно мелкого палтуса), хотя, надо отметить, действительно редко. По-видимому, имеющих в Беринговом море и в том числе в юго-восточном его районе производителей палтуса вполне достаточно для поддержания его численности на высоком уровне.

Олюторское стадо палтуса состоит из рыб различного размера и возраста (чаще всего из молодых), характеризующихся самым медленным темпом роста и наименее протяженными миграциями. По своей мощности оно невелико, занимает акваторию собственно Олюторского залива и, по-видимому, все восточное побережье Камчатки. Палтус Олюторского залива и прилегающих районов в самостоятельное стадо (расу) был выделен еще Вернидуб [5], однако она включала в него палтуса всей северной части Берингова моря, что, по нашему мнению, неверно.

Запасы палтуса в Беринговом море до самого последнего времени почти не были затронуты промыслом, так как систематический облов их (иностраным рыболовным флотом) начался только в 1958 г. В хорошем состоянии они находятся и в настоящее время. В частности, средний улов палтуса за час траления в юго-восточной части Берингова моря — районе довольно интенсивного его промысла, — составлявший в 1960 г. 0,9 ц, не изменился и к 1962 г.

Таким образом, запасы белокорого палтуса в Беринговом море достаточно велики и находятся в хорошем состоянии. Они позволяют организацию и проведение большого советского промысла во всех районах с ориентировочной добычей в год не менее 150—200 тыс. ц. Основное внимание должно быть направлено на юго-восточный и северо-западный районы, поскольку они являются наиболее перспективными по запасам обитающих здесь палтусов.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫСЛА

Белокорый палтус как ценный объект промысла издавна привлекал к себе внимание исследователей и работников рыбной промышленности Дальнего Востока.

Еще в конце XIX века Гребницкий [10], приводя первые сведения о крючковом лове палтуса в районе Командорских о-вов, отмечал, что палтус является любимой пищей местных жителей. В 20-х г. нашего столетия Редько [36], Воробьев [6], Навозов-Лавров [24], Линдберг [17], Дерюгин [11], а позднее Вернидуб [5], Поморцева [34], Канин [14] и Дубровский [12] подчеркивали важность всестороннего изучения палтуса, считая вполне возможной организацию его промысла в водах Дальнего Востока, в том числе и в западных районах Берингова моря (Олюторский залив, Командорские о-ва, побережье Камчатки).

В последние годы вопрос о промысле палтуса в Беринговом море снова не раз поднимался в печати Гордеевым [9], Моисеевым [19, 21], ПолUTOвым и Тихоновым [32], ПолUTOвым [33] и нами [26—30].

Однако удаленность района лова от портов выгрузки, слабая изученность биологии палтуса и гидрометеорологических условий моря, специфичность лова и некоторые другие причины препятствовали организации здесь промысла. Все же летом 1960 г. и осенью 1961 г. двенадцать переоборудованных шхун провели здесь экспериментальный лов палтуса, положив начало промыслу этого ценного объекта.

В настоящее время, после работ Беринговоморской экспедиции ТИНРО-ВНИРО и с началом комплексного освоения сырьевых ресурсов Берингова моря рыбаками Дальнего Востока, вопрос о специальном промысле палтуса в нем стал вполне реальным. Однако промысел палтуса в условиях Берингова моря нелегок и по существу нов для советских рыбаков. Поэтому очень важно, чтобы с самого начала он был правильно организован и строился на научных основах, с учетом особенностей биологии палтуса.

Орудия лова. Суда. Белокорого палтуса можно добывать различными орудиями лова: ярусами, тралами, ставными сетями и удочками. В Беринговом море наиболее эффективными и целесообразными, по нашему мнению, будут **яруса**. Из всех конструкций ярусов предпочтительнее канадская, где в качестве хребтины применяется стальной трос. Ярусный лов можно проводить с судов различных типов, но при некотором их переоборудовании. Лучше всего использовать небольшие маневренные суда с низким бортом и свободной кормовой площадкой. Из всех типов судов, имеющихся на Дальнем Востоке, этим требованиям в значительной мере отвечают рыболовные сейнеры (РС) и океанские сейнеры (СО). В будущем, при широком развертывании ярусного промысла палтуса и некоторых других рыб, необходимо создание специальных ярусовых судов.

Яруса можно наживлять любой имеющейся (свежей или свежемороженой) рыбой, а также моллюсками, креветками. В наших опытах лучшей наживкой оказался свежемороженный кальмар.

Районы и сезоны лова. Основным районом скоплений палтуса в Беринговом море является материковый склон и нижняя кромка прилегающего к нему шельфа. Промысловое значение имеет весь склон, но наиболее перспективные участки следующие (рис. 10):

- 1) между о-вами Прибылова и Креницына;
- 2) между $171^{\circ}00'$ и $173^{\circ}30'$ з. д.;
- 3) между $174^{\circ}00'$ з. д. и $174^{\circ}00'$ в. д.;
- 4) участок склона Олюторского залива.

Кроме материкового склона, некоторое промысловое значение имеют те участки мелководья, куда палтус летом мигрирует для откорма. В них, однако, целесообразен будет только ярусный лов.

Гидрометеорологические условия позволяют вести круглогодичный промысел в юго-восточной части Берингова моря и 6—7 месяцев — в остальных его районах. Лучшими сезонами промысла являются декабрь — апрель и первая половина лета.

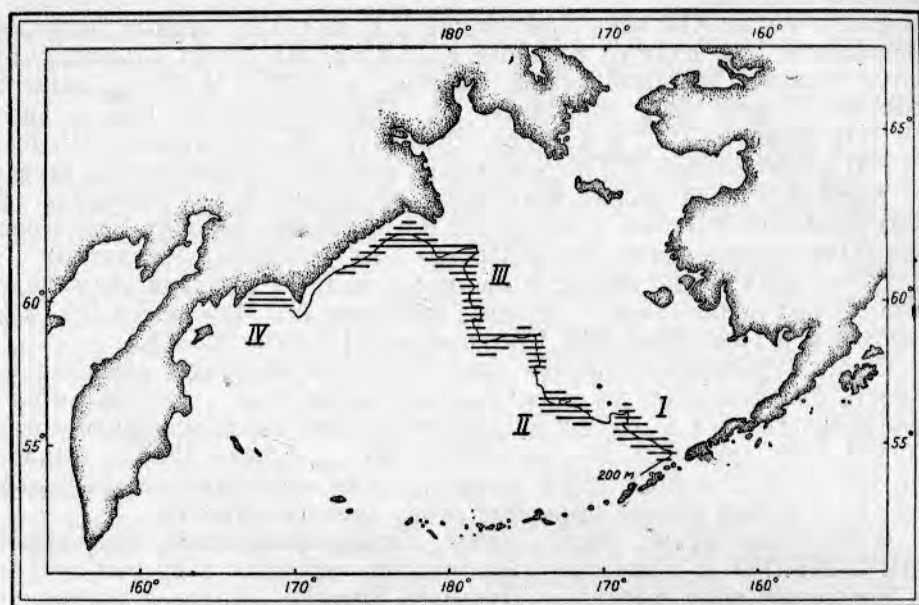


Рис. 11. Перспективные районы промысла белокорого палтуса в Беринговом море.

ПОИСКИ СКОПЛЕНИЙ. ЛОВ

Залогом успешного промысла палтуса, как и вообще любого промысла, служит хорошо организованная разведка. Для разведки скоплений палтуса можно использовать не только ярусоловные суда, но и траулеры. Последние даже лучше, ибо позволяют в короткое время обследовать большую площадь и выявить наличие или отсутствие скопления палтуса.

Наиболее важными ориентирами при поисках скоплений палтуса являются: глубина места, температура придонной воды, рельеф дна и улов, его состав, величина и т. д. (непосредственно гидроакустическими приборами его скопления не фиксировались).

Упомянутые показатели должны использоваться с учетом изложенных выше данных по распределению палтуса в различных районах Берингова моря.

Техника ярусного лова палтуса не представляет больших трудностей. Она подробно изложена в специальной работе *.

Каждое судно сможет выловить за сутки в среднем 50—60 ц палтуса, а за промысловый месяц с учетом штормовых дней и времени на переходы и сдачу улова — не менее 1000—1500 ц.

Помимо ярусов, для лова палтуса в некоторых районах Берингова моря зимой можно использовать также тралы, в частности, 27,1-метровый сельдяной трал калининградской конструкции. Техника тралового лова палтуса в принципе не отличается от техники лова морских окуней или других донных и придонных рыб на обычных промысловых судах. Однако следует всегда помнить, что тралы на лове палтуса должны играть роль лишь второстепенного, а не основного орудия лова.

* Потапов В. Ф. Ярусный лов палтуса в Беринговом море. НТО пищевой пром-сти, Петропавловск-Камчатский, 1961 г.

Промысел палтуса в Беринговом море, ввиду удаленности районов лова от портов выгрузки, должен, как нам кажется, строиться по типу широко известных экспедиций для лова камбалы, окуня или сельди, в состав которых включаются, помимо промысловых и поисковых судов, приемные суда — матки, рефрижераторы и другие суда.

Результаты проведенных научных исследований, большой опыт, настойчивость и смелость дальневосточных рыбаков, их тесное сотрудничество с рыбохозяйственной наукой позволяют надеяться, что промысел белокорого палтуса в Беринговом море займет подобающее ему место и даст нашей стране многие тысячи центнеров высококачественной пищевой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрияшев А. П. Географическое распространение морских промысловых рыб Берингова моря и связанные с этим вопросы. Исследование морей СССР. Вып. 22, 1935.
2. Андрияшев А. П. К познанию ихтиофауны Берингова и Чукотского морей. Исследование морей СССР. Вып. 25, 1937.
3. Андрияшев А. П. Очерк зоогеографии и происхождения фауны рыб Берингова моря и сопредельных вод. Изд. ЛГУ, 1939.
4. Андрияшев А. П. Прерывистое распространение морской фауны в северном полушарии. «Природа» № 1, 1944.
5. Вернидуб М. Ф. Материалы к познанию тихоокеанского белокорого палтуса. Тр. Ленинградского об-ва естествоиспытателей. Т. XV. Вып. 2, 1936.
6. Воробьев А. Современное положение палтусового промысла в Тихом океане. «Бюллетень рыбного хозяйства» № 2, 1926.
7. Гершанович Д. Е. и Натаров В. В. Берингово море. Морской сборник № 8, 1962.
8. Гордеев В. Д. Траловый промысел на Дальнем Востоке, 1955.
9. Гордеева К. Ф. Питание палтусов в Беринговом море. Известия ТИНРО. Т. XXXIX, 1954.
10. Гребиницкий Н. Список рыб, водящихся у островов Командорских и полуострова Камчатка. «Вестник рыбопромышленности». Т. XII, 1897.
11. Дерюгин К. М. Некоторые результаты научно-промысловых исследований в Охотском море, осуществленные в 1915—1917 гг. под руководством проф. Марукава. Известия ТОНС. Т. 1. Вып. 1, 1928.
12. Дубровский А. Перспективы лова палтуса в Камчатских водах. «Рыбное хозяйство» № 7, 1938.
13. Елисеев Б. Н. Геологическая история Берингова моря. Справочник «Берингово море». Изд. Глав. упр. метеорологич. службы, 1936.
14. Канин В. И. Об организации лова палтуса в камчатских водах. «Рыбное хозяйство» № 6, 1938.
15. Криштофович А. Н. Геологический обзор стран Дальнего Востока. Изд. Центр. Исл. геологоразвед. ин-та, 1932.
16. Леонов А. К. Региональная океанография. Ч. 1, 1960.
17. Ляндберг Г. У. Промысловые рыбы Дальнего Востока и их использование. Производительные силы Дальнего Востока. Вып. 4. Разд. «Животный мир», 1927.
18. Милинский Г. И. Биология и промысел палтуса *Hippoglossus hippoglossus* (L) Норвежского и Баренцева морей. Тр. ПИНРО. Вып. 8, 1944.
19. Моисеев П. А. Треска и камбалы дальневосточных морей. Известия ТИНРО Т. LX, 1953.
20. Моисеев П. А. Новые данные о распространении белокорого палтуса. ДАН СССР. Т. 105, № 2, 1955.
21. Моисеев П. А. Белокорый палтус. Труды ИОАН. Т. XIV, 1955.
22. Мусиенко Л. Н. Молодь камбал (*Pleuronectidae*) дальневосточных морей СССР. Тр. ИОАН. Т. XI, 1954.
23. Мусиенко Л. Н. Молодь камбал (*Pleuronectidae*) дальневосточных морей СССР. Тр. ИОАН. Т. XX, 1957.
24. Навозов-Лавров Н. Краткие сведения о треске и палтуса в водах ДВО. «Бюллетень рыбного хозяйства» № 11—12, 1927.
25. Натаров В. В. О водных массах и течениях Берингова моря. Советские рыбохозяйственные исследования в северо-восточной части Тихого океана. Тр. ВНИРО—ТИНРО. Т. 48, 1963.
26. Новиков Н. П. Палтусы — новые объекты лова. Бюллетень Приморского СНХ. «Промышленность Приморья» № 2, 1959.
27. Новиков Н. П. Палтусы Берингова моря. «Рыбное хозяйство» № 1, 1960.
28. Новиков Н. П. Новые данные о распространении палтусов и других промысловых рыб Берингова моря. «Зоологический журнал». Т. XL, Вып. 10.

29. Новиков Н. П. Больше ловить палтуса! «Рыбная промышленность Дальнего Востока» № 4, 1961.
30. Новиков Н. П. Краткое наставление по разведке палтусов в Беринговом море. Владивосток, 1962.
31. Перцева-Острсумова Т. А. Размножение и развитие дальневосточных камбал. Изд. АН СССР, 1961.
32. Полотов И. А., Тихонов В. И. Промысловые рыбы Берингова моря. «Технико-экономический бюллетень Камчатского СНХ», № 5—6, 1959.
33. Полотов И. А. Морские промысловые рыбы Камчатки. Владивосток, 1960.
34. Поморцева Е. К промыслу палтуса. «За рыбную индустрию Севера» № 12, 1936.
35. Расс Т. С. Значение исследований размножения рыб для оценки возможных уловов. «Рыбное хозяйство» № 2, 1953.
36. Редько Б. Рыбный промысел на Командорских островах. «Бюллетень рыбного хозяйства» № 2, 1926.
37. Шмидт П. Ю. О тихоокеанском палтусе (на англ. языке). ДАН СССР, № 8, 1930.
38. Шмидт П. Ю. О зоогеографическом распространении главнейших промысловых рыб в западной части севера Тихого океана. «Бюллетень Тихоокеанского комитета АН СССР» № 3, 1933.
39. Шмидт П. Ю. Научные исследования в западной части севера Тихого океана в 1934 г. «Бюллетень Тихоокеанского комитета АН СССР» № 3, 1934.
40. Babcock J. P., Found W. A., Freeman M., O'Malley H. Investigations of the International Fisheries Commission to December 1930, and their bearing on regulation of the Pacific halibut fishery. Report IEC, 7, 1930.
41. Bean T. H., On the occurrence of *Hippoglossus vulgaris* Flem. at Unalaska and St. Michael's Alaska. Proc. U. S. Nat. Mus., Vol. 2, Wash., 1880.
42. Bean T. H., A preliminary catalogue of the fishes of Alaskan and adjacent waters. Proc. U. S. Nat. Mus., Vol. 4, Wash., 1882.
43. Bell F. H., The incidental capture of halibut by various types of fishing gear. Report IPHC, № 23, 1956.
44. Bigelow H. B. and Welsh W. W., Fishes of the Gulf of Maine. Bull. U. S. Bureau Fish. Vol. 40, Wash., 1925.
45. Brown—Goode G., A brief biography of the halibut. Amer. Naturalist, № 19, 1885.
46. Clemens W. A. and Wilby G. V., Fishes of the Pacific Coast of Canada. Fish. Research Board of Canada, Bull. No 68, 1946.
47. Devold E., The North Atlantic halibut and net fishing. Report on Norwegian fishery and marine investigations, Vol. 5, 6, 1938.
48. Devold F., Kveite undersøkelse, 1938. Report on Norwegian fishery and marine investigations. Vol. 6, No 1, 1939.
49. Dunlop H. A., Management of the halibut fishery of the Northeastern Pacific Ocean and Bering Sea. Rep. Inter. Techn. Conf. Conserv. Living Resources of the Sea, 1957.
50. Evermann B. W. and Goldsborough E. L., The fishes of Alaska. Bulletin of the Bureau of Fisheries, V. XXVI, Wash., 1906.
51. Gilbert Ch. and Jordan D. S., Fishes of the Bering Sea. Wash., 1899.
52. Hebard I. F., Currents in Southeastern Bering Sea and possible effects upon king crab larvae. Fish and Wildlife Serv. Special Scientific Report Fisheries № 293, 1959.
53. International Fisheries Commission, Regulation and investigation of the Pacific halibut fishery in 1952. Report IFC, 20, 1953.
54. International Pacific Halibut Commission, Regulation and investigation of the Pacific halibut fishery in 1956—1960. Report IPHC, 25, 27, 29, 30, 1957—1960.
55. International North Pacific Fisheries Commission, Report concerning halibut stocks jointly managed by Canada and the United States in the Bering Sea, with particular reference to catches and research. Bull, 7, 1962.
56. Jespersen P., Contribution to the life history of North Atlantic halibut (*Hippoglossus vulgaris*). Meddelelser Komm. for Havundersøgelser, serie, Fiskeri, Bd. 5. № 5, 1917.
57. Jespersen P., On the halibut in Icelandic Waters. Rapp. et Procès—Verbaux, ICES, Vol. XXXIX, 1926.
58. Jespersen P. Investigation on the stocks of halibut in the North Atlantic. Rapp. et Procès—Verbaux, ICES, Vol. XCIX, 1936.
59. Joensen I. S., On the life history of halibut in Faroe waters. Meddelelser Fra Danmarks Fiskeri og Havundersøgelse. Ny Serie, Bind 1, No. 5, 1954.
60. Kask J., Halibut migration, what it means in regulation of the fishery, Pacific Fisherman, 3, 1938.
61. Kenneths H. Moster. Use of otoliths for determining the age of several fishes from the Bering Sea. Journal du Conseil, Vol. XIX, 3, 1954.
62. McCracken F. D. and Martin W. K., Recent recoveries of tagged halibut, Progress Rep Atlantic Coast. St. No 61, 1955.

63. McCracken F. D. About biology and fishery of Canadian Atlantic halibut. J. Fish. Res. Board Canada, V. 5, № 6, 1958.
64. Sigurdsson A. Contribution to the life history of the halibut at the West Iceland in recent years (1936—1950), Medd. Danmarks Fiskeri—og Hovunders., 1 (16), 1956.
65. Thompson W. F. and Herrington W., History of Pacific halibut fishery. Report IFC, No 5, 1930.
66. Thompson W. F. and Van Cleve R., Life history of the Pacific halibut. Distribution and early life history. Report IFC, No 9, 1936.
67. Tåning A. V., On the eggs and young stages of the halibut. Medd. Komm. Danmarks Fiskeri-og Havunders, Bd. X; No 4, 1936.
68. Tåning A. V., The migration of small halibut marked in Faroe waters. Journal du Conseil, Vol. XIII, 1938.
69. Turner L. M., Contributions to the National History of Alaska. Wash. 1886.
70. Van Cleve R. and Seymour A. H., The production of halibut eggs on the Cape St. James spawning bank off the coast of British Columbia 1935—1946. Report IFC, № 19, 1953.
-

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ
к книге «Советские рыбохозяйственные исследования
в северо-восточной части Тихого океана»

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
56	14 снизу	условная вертикальной стенки	условная вертикальная стенка
60	19 снизу	исключениям	искажениям
83	7 сверху	к северо-восточной	к северо-западной
83	8 сверху	на юго-западе	на юго-востоке
113	22 снизу	14 мм	14 м
175	Подпись под рис. 4	А — возраст 9 +; Б — возраст 3 +	А — возраст 3 +; Б — возраст 9 +
176	Подпись под рис. 5, 10 сверху	в — зависимости	б — зависимости
191	Таблица 10, 3 снизу	10	100
196	Подпись под рис. 10	а — июнь — сентябрь	а — июнь — сентябрь 1957 г.
244	13 сверху	или первый, чаще второй	или первый, реже второй
246	29 снизу	по-видимому, был, а большая часть	по-видимому, была большая часть

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

597.587 (265.2)

МАТЕРИАЛЫ ПО БИОЛОГИИ ДВУХЛИНЕЙНОЙ КАМБАЛЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

Д. А. Шубников и Л. А. Лисовенко
ВНИРО

Двухлинейная камбала (*Lepidopsetta bilineata*) — единственный представитель тихоокеанского эндемичного рода *Lepidopsetta*, широко распространенного в северной части Тихого океана, где она представлена двумя подвидами — *L. bilineata dilineata* (Ayers) и *L. bilineata mochigarei* Snyder. По данным Хуббса [15], это довольно крупная камбала, достигающая 52 см [6]. Глазная сторона ее имеет серовато-бурую окраску с многочисленными неправильно расположенными пятнами, часто заходящими на спинной, анальный и хвостовой плавники. Слепая сторона ярко белая, что дало основание второму названию «белобрюхая камбала». Боковая линия имеет дополнительную спинную ветвь.

По данным Джордана и Эверманна [16], Нормана [18], В. К. Солдатова и Г. У. Линдберга [11], А. Я. Таранца [12], П. Ю. Шмидта [13], П. А. Моисеева [6], А. П. Андрияшева [1—3], *L. bilineata bilineata* обитает в Беринговом и Охотском морях и в северной части Тихого океана по азиатскому побережью от Анадырско-Лаврентьевского мелководья до северных Курильских о-вов. В Охотском море *L. bilineata bilineata* распространена по всему западнокамчатскому мелководью, отсутствуя в северной (зал. Шелихова) и в западной (район Шантарских о-вов) частях моря. В Беринговом море этот подвид распространен к востоку и юго-востоку от Анадырского зал. до Алеутских о-вов и Аляски по обширному мелководью, занимающему всю северо-восточную часть Берингова моря. По американскому побережью *L. bilineata bilineata* распространена почти от Берингова пролива до зал. Монтерей на Калифорнийском побережье [20]. П. А. Моисеев [6] относит этот подвид к северо-бореальной группе камбал.

Второй подвид — *L. bilineata mochigarei*, относимый П. А. Моисеевым к умеренно-бореальной группе, имеет более ограниченное распространение: преимущественно в Японском море, Татарском проливе, заливах Анива и Терпения, Сангарском проливе и у берегов Хоккайдо.

По сравнению с желтоперой камбалой двухлинейная камбала имеет значительно меньшее промысловое значение и особенно *L. bilineata mochigarei*, которая, по данным П. А. Моисеева [5], в зал. Петра Великого до сороковых годов встречалась отдельными экземплярами в траловых

уловах и только позже составляла несколько процентов к общему улову камбал. Несколько большее значение в уловах камбал имеет этот подвид в районе Сахалина, на Ильинском мелководье, Невельском районе и в зал. Анива.

L. bilineata bilineata имеет большое значение в промысле. У наших берегов она образует промысловые скопления у западного и юго-восточного побережий Камчатки [6], где, по данным В. А. Мухачевой и О. А. Звягиной [7], составляет свыше 90% уловов камбал. Наиболее крупные скопления наблюдаются зимой в Авачинском, Камчатском и Кроноцком заливах, а также восточнее о-ва. Парамушир.

В процессе поисковых работ Берингоморской научно-промысловой экспедиции в юго-восточной части Берингова моря и в северо-восточной

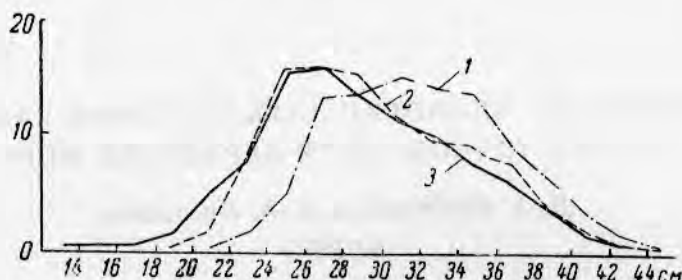


Рис. 1. Размерный состав двухлинейной камбалы юго-восточной части Берингова моря:

1 — 1958 г., $n = 713$, $M = 32,3$, $m = 0,09$; 2 — 1959 г., $n = 1655$, $M = 29,8$, $m = 0,05$; 3 — 1960 г., $n = 1664$, $M = 29,3$, $m = 0,06$.

части Тихого океана выяснилось, что здесь двухлинейная камбала может иметь промысловое значение.

Материалом для настоящей статьи послужили сборы, сделанные Л. А. Лисовенко, Д. А. Шубниковым и судами перспективной разведки ТИНРО с 1958 по 1960 г. во время научно-поисковых рейсов траулеров «Огонь», «Пелагида», «Ульяновск», «Жемчуг», «Аметист».

Преобладающую часть уловов составляют особи длиной от 25 до 35 см (рис. 1).

Максимальный вес двухлинейной камбалы из юго-восточной части Берингова моря равен 1150 г, а средний 367, в то время как двухлинейная камбала западного побережья Камчатки имела, по данным П. А. Моисеева [6], более крупные размеры (средняя длина 35,6 см, средний вес 900 г), а в зал. Петра Великого, по данным Д. И. Охрямкина, П. А. Моисеева, А. Я. Таранца [8], средний вес равен 500 г. Таким образом, в юго-восточной части Берингова моря двухлинейная камбала мельче, чем в других районах северной части Тихого океана.

Для обеспечения надежных данных по возрастному составу стада двухлинейной камбалы было проведено сравнительное определение возраста по отолитам и по чешуе. При просмотре отолитов мы применяли методику Майера [17], считавшего, что в течение года образуется одно светлое и одно темное кольцо, составляющее одно годовое кольцо с границей по темной зоне. Следует учитывать, что первое кольцо, как правило, является мальковым и, кроме того, на отолитах наблюдаются менее четко выраженные дополнительные кольца [19]. На чешуе годовые

кольца плохо выражены, в то время как на отолитах они заметны значительно лучше (рис. 2).

Возраст	По отолитам	По чешуе
6	2	14
7	18	14
8	52	56
9	20	16
10	8	—
<i>n</i>	50	50

При определении возраста по чешуе результаты получаются заниженными по сравнению с данными по отолитам, что объясняется слиянием годовых колец на периферии чешуи.

Возрастной состав у самцов и самок двухлинейной камбалы несколько различается (рис. 3). Преобладающими возрастными группами у сам-

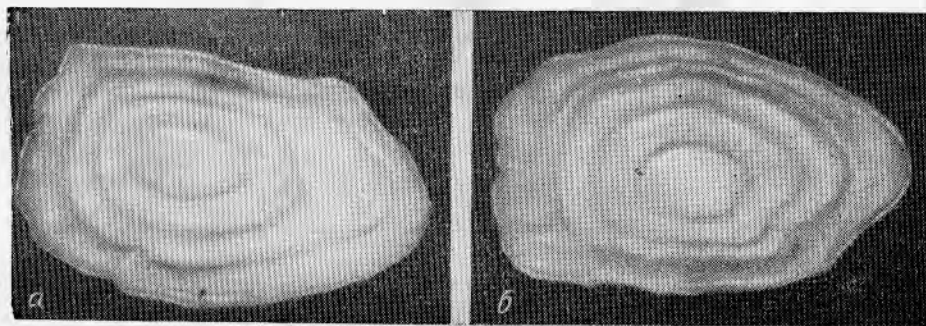


Рис. 2. Чешуя (сверху) и отолиты (снизу) двухлинейной камбалы:
а — правый; б — левый.

цов являются семи- и восьмилетовики, а у самок — восьми-, девяти-, десятилетовики. Наблюдения показали, что время закладки годового кольца на отолитах очень растянуто. Начало роста двухлинейной камбалы обычно относится к периоду с конца марта по май. До сентября включительно светлая зона на отолитах нарастает. Сроков появления темной зоны на отолитах проследить не удалось.

Двухлинейная камбала — типичный бентофаг. Основными компонентами ее питания являются полихеты (частота встречаемости 62%), моллюски (37%), ракообразные, в основном креветки (14%). Изредка в желудках встречается рыба (песчанка) и иглокожие. В начале весны и зимой камбала практически не питается. Наиболее интенсивное питание

наблюдается в июне и июле. К сентябрю степень наполнения желудков опять снижается (рис. 4).

В отличие от большинства камбал у двухлинейной камбалы донная клейкая икра. У берегов Камчатки, по данным И. А. ПолUTOва и В. Н. Трипольской [10], она нерестится с середины февраля до середины апре-

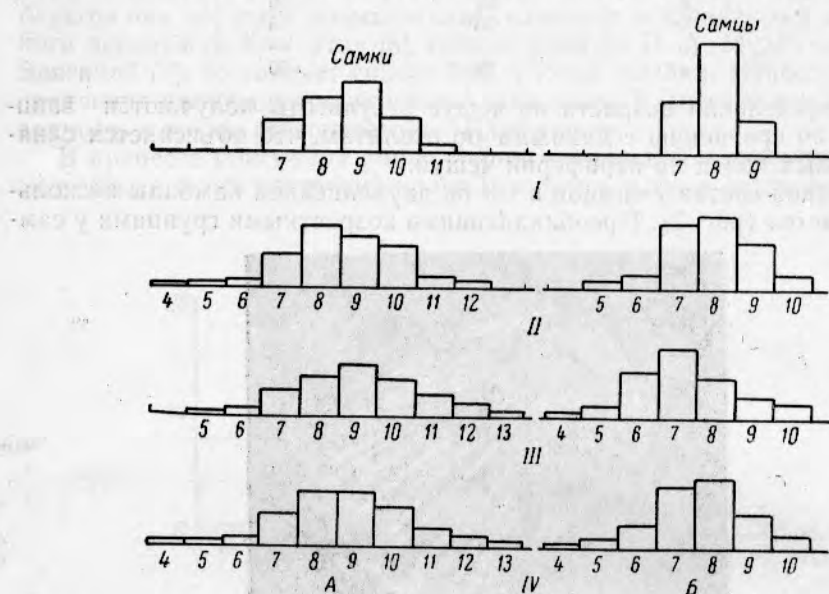


Рис. 3. Возрастной состав двухлинейной камбалы:
I — 1958 г., соответственно для самок (А) и самцов (Б) $n = 123$ и 69; II — 1959 г., $n = 500$ и 155; III — 1960 г., $n = 406$ и 131; IV — 1958—1960 гг., $n = 1029$ и 355.

ля. Т. А. Перцева-Остроумова [9] отмечает, что по азиатскому побережью камбала откладывает икру на глубинах 100—200 м на жестких песчаных и галечниковых грунтах. У американского побережья, по данным

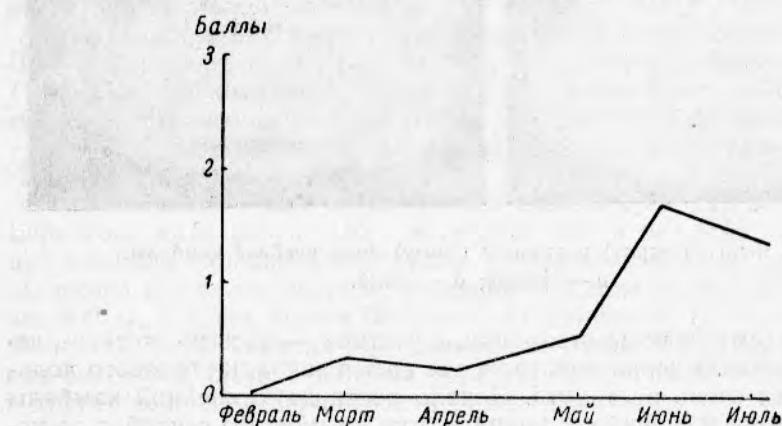


Рис. 4. Изменение степени наполнения желудков двухлинейной камбалы по месяцам в баллах.

Клеменса и Уилби [14], камбала нерестится с середины февраля по март. В Бристольском заливе двухлинейная камбала нерестится несколько позднее, с марта по июнь, на глубинах 70—140 м при температурах воды

0,7—3,5°. Половой зрелости двухлинейная камбала юго-восточной части Берингова моря достигает в возрасте 5—7 лет.

Двухлинейная камбала встречается почти повсеместно в юго-восточной части Берингова моря преимущественно на глубинах от 27 до 250 м (рис. 5). В апреле установлено два скопления двухлинейной камбалы. Одно из них расположено северо-западнее о-ва Унимак между 55°30' и 55°00' с. ш. и 165°12' з. д. на глубинах 100—110 м, в его пределах уловы

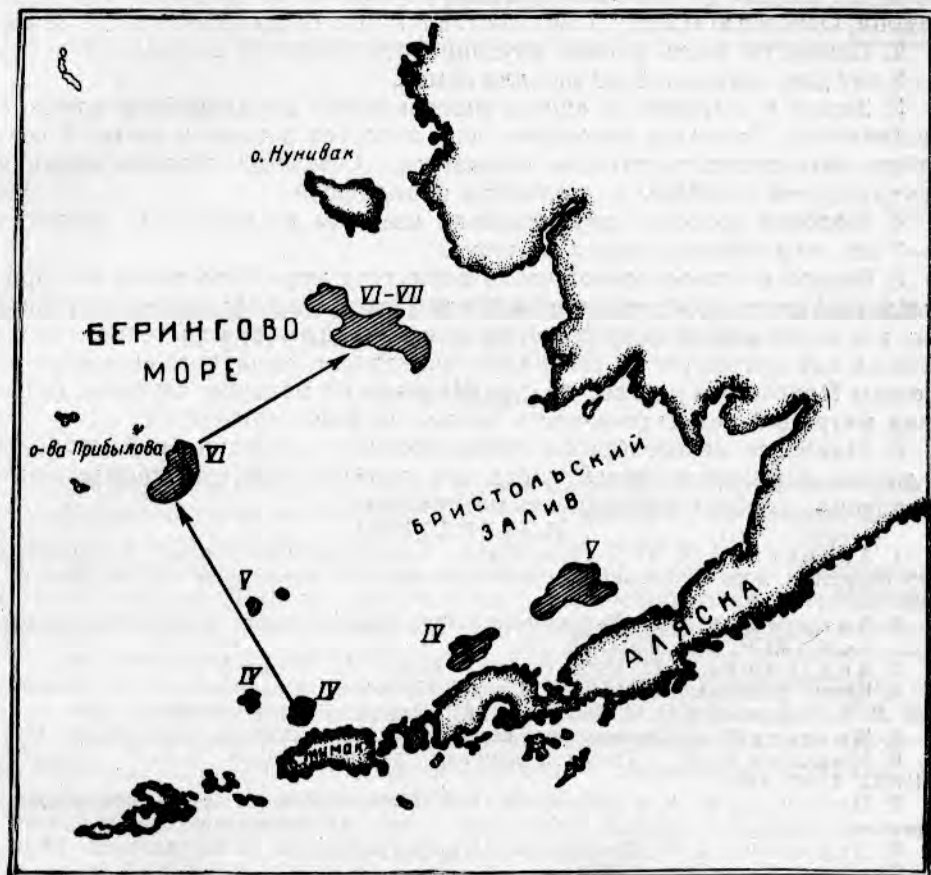


Рис. 5. Распределение и миграции двухлинейной камбалы в юго-восточной части Берингова моря. Римскими цифрами обозначены месяцы. Заштрихованы места, где уловы были более 1 ц на час траления.

достигают 10 ц на час траления. В прилежащих районах двухлинейная камбала встречается в меньших количествах. Единичные экземпляры ловились к северу до 57°15' с. ш. Другое скопление (улов на час траления около 5 ц) обнаружено вблизи Алеутских о-вов у входа в Бристольский залив (56°46' с. ш. и 162°11' з. д.) на глубинах 77—78 м. В мае камбала из обоих районов перемещается в восточном и западном направлениях, причем восточное скопление в район вблизи Бристольского залива, а западное — в район, расположенный несколько восточнее о-вов Прибылова. В июле и августе это скопление прослеживается значительно севернее — до о-ва Унивак. Летом камбала ловится на глубинах до 30 м. В период нагульной миграции камбала рассредоточивается, увеличивается площадь ее скопления и уменьшается его плотность. Несомненно, что двухлинейная камбала в исследуемом районе летом совершает нагульные миграции на меньшие глубины, где интенсивно питается,

т. е. ведет себя так же, как большинство дальневосточных камбал [6]. Учитывая это, промысел двухлинейной камбалы в юго-восточной части Берингова моря наиболее рационально вести с декабря по июнь, когда камбала образует плотные малоподвижные скопления, дающие хорошие уловы.

ВЫВОДЫ

1. Двухлинейная камбала северо-восточной части Берингова моря является вторым по значимости объектом промысла среди камбал этого района. Основную массу уловов составляют особи длиной от 25 до 35 см.

2. Основную часть уловов двухлинейной камбалы составляют особи 7—8 лет для самцов и 8—9 лет для самок.

3. Зимой и с марта по апрель включительно двухлинейная камбала не питается. Наиболее интенсивно она питается в июне и июле. К сентябрю интенсивность питания снижается. Основные объекты питания двухлинейной камбалы — полихеты и моллюски.

4. Половой зрелости двухлинейная камбала достигает в возрасте 5—7 лет, нерестится с марта по июнь.

5. Весной в юго-восточной части Берингова моря образуется два промысловых скопления двухлинейной камбалы: северо-западнее о-ва Уни-мак и в центральной части Бристольского зал. Камбала восточного скопления в мае мигрирует на северо-восток, камбала западного скопления — к о-вам Прибылова и далее до о-ва Нунавик на меньшие глубины. В период миграций результативность промысла резко снижается.

6. Наиболее целесообразно вести промысел двухлинейной камбалы в зимнее и весеннее время, когда она образует плотные промысловые скопления, хорошо облавливаемые тралами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрияшев А. П. Географическое распространение морских промысловых рыб Берингова моря и связанные с этим вопросы. Сб. Иссл. морей СССР. Вып. 22, 1935.

2. Андрияшев А. П. К познанию ихтиофауны Берингова и Чукотского морей. Иссл. морей СССР. Вып. 25, 1937.

3. Андрияшев А. П. Рыбы северных морей. М., Изд-во АН СССР, 1954.

4. Карты распределения камбал в водах Сахалина. (Составлены А. П. Николаевым, Л. В. Соколовой и Н. С. Фадеевым). М., Изд-во «Рыбное хозяйство», 1958.

5. Моисеев П. А. Промысловые камбалы Дальнего Востока. Владивосток, 1946.

6. Моисеев П. А. Треска и камбалы дальневосточных морей. Известия ТИНРО. Т. 40, 1953.

7. Мухачева В. А. и Звягина О. А. Новые данные о зимне-весенних преднерестовых скоплениях камбал в Кроноцком заливе. «Рыбное хозяйство» № 6, 1955.

8. Охрянкин Д. И., Моисеев П. А., Таранец А. Я. Промысловые камбалы Приморья. Владивосток, 1936.

9. Перцева-Остроумова Т. А. Размножение и развитие дальневосточных камбал. М., 1961.

10. Полотов И. А. и Трипольская В. Н. Пелагические личинки и икра морских рыб у берегов Камчатки. Известия ТИНРО. Т. 41, 1954.

11. Солдатов В. К., Линдберг Г. У. Обзор рыб дальневосточных морей. Известия ТИНРО. Т. 5, 1930.

12. Таранец А. Я. Краткий определитель рыб Советского Дальнего Востока и прилегающих вод. Известия ТИНРО. Т. 11, 1937.

13. Шмидт П. Ю. Рыбы Охотского моря. М., 1950.

14. Clemens W., Wilby G. Fishes of the Pacific Coast of Canada. Fisheries Research Board of Canada. Bull. No 68, 1946.

15. Hubbs. Flounders and soles from Japan collected by the Bureau of Fisheries Steamer «Albatross» in 1906. Process U. S. Nat. Museum. V. 48, 1915.

16. Jordan Evermann. The fishes of North and Middle America. III—IV, Wash., 1898.

17. Meier. Beiträge zur Alterbestimmung der Fische. Die Altbestimmung nach Otoliten bei Scholle und kabeljau. Wissensch. Meeresuntersuch., Kiel, No 8, Abt. Helgoland, 1906.

18. Norman. A systematic monograph of the flatfishes (Heterosomata). London, 1934.

19. Reibisch. Über Eizahl bei Platessa und die Alterbestimmung dieser aus den Otoliten. Wissensch. Meeresuntersuch. Abteilung Kiel. Bd. 4, 1899.

20. Schulz and Delacy. Fishes of the American North West, Journal Pan Pacific Int. V. X, № 4, 1935.

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

597.587(365.2)

МАТЕРИАЛЫ ПО БИОЛОГИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ КАМБАЛ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

Т. А. Минева

ТИНРО

Настоящая статья написана на основе материалов Берингоморской научно-промысловой экспедиции ТИНРО и ВНИРО, собранных в центральной и юго-восточной частях* Берингова моря в 1957—1959 гг.

В траловых уловах встречалось шесть видов камбал — желтоперая (*Limanda aspera* (Pallas)), двухлинейная, или белобрюхая (*Lepidopsetta bilineata* (Ayres)), палтусовидная (*Hippoglossoides elassodon robustus* Gill. et Townsend), четырехбугорчатая, или желтобрюхая (*Platessa quadrifurcata* (Pallas)), длинноперая, или малоротая (*Glyptocephalus zachirus* Lockington) и хоботная (*Limanda punctatissima proboscidea* Gilbert); из них в центральной части Берингова моря преобладали палтусовидная и двухлинейная, а в юго-восточной — желтоперая камбала, остальные виды имели второстепенное значение.

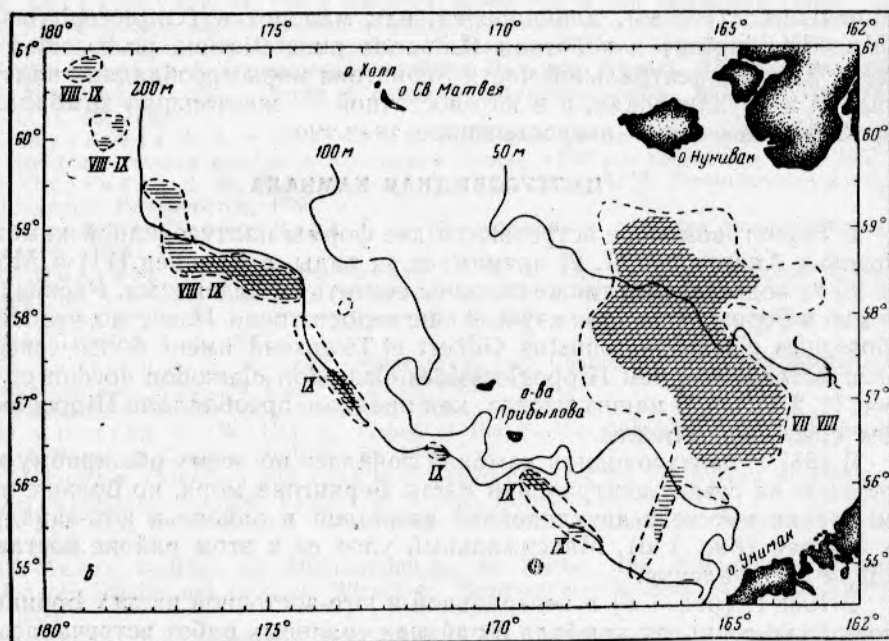
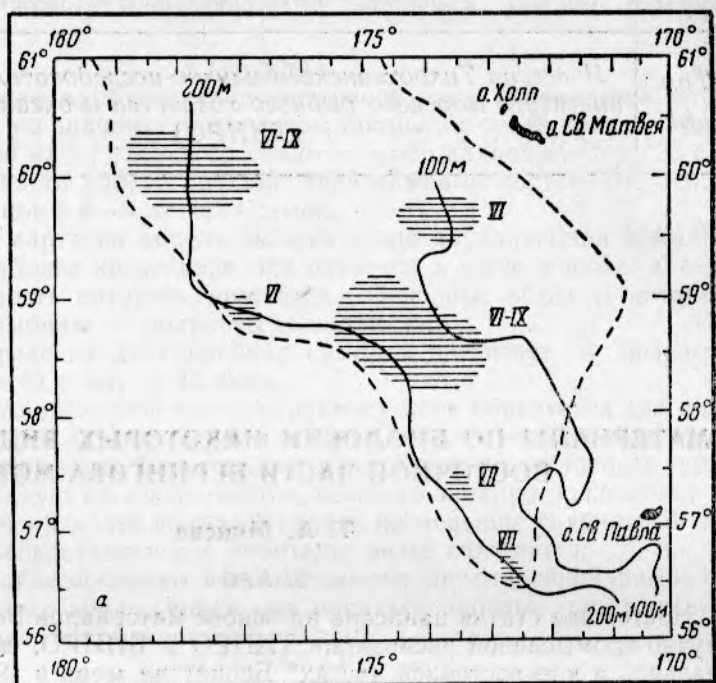
ПАЛТУСОВИДНАЯ КАМБАЛА

В Беринговом море встречаются две формы палтусовидной камбалы, которые Андрияшев [1, 2] принимает за виды, а Таранец [11] и Моисев [6] за подвиды. Мы также склонны считать их подвидами. Распределение их в Беринговом море изучено еще недостаточно. Известно, что *Hippoglossoides elassodon robustus* Gilbert et Townsend имеет более северное распространение, чем *Hippoglossoides elassodon elassodon* Jordan et Gilbert [1, 2, 6, 11]. В наших уловах, как правило, преобладала *Hippoglossoides elassodon robustus*.

В 1957 г. палтусовидная камбала ловилась по всему обширному мелководью на севере центральной части Берингова моря, но больше всего ее ловили вместе с двухлинейной камбалой в районе к юго-западу от о. Матвея (рис. 1 а). Максимальный улов ее в этом районе составлял 6 ц за час траления.

В 1958 г. (рис. 1 б) в центральной и юго-восточной частях Берингова моря палтусовидная камбала в районах траловых работ встречалась по-

* Центральной частью Берингова моря мы условно называем акваторию между 170 и 180° з. д.; под юго-восточной частью понимается часть моря, расположенная восточней о-вов Прибылова.



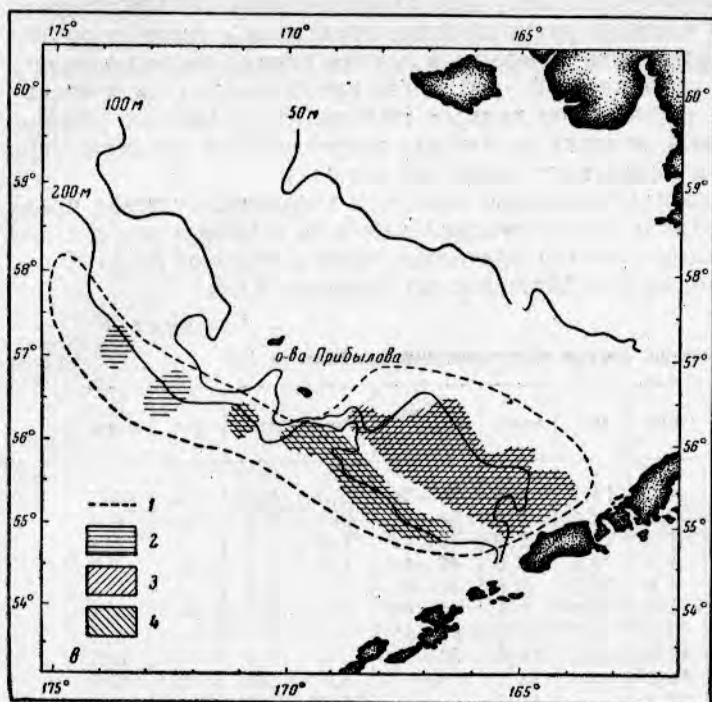


Рис. 1. Распределение палтусовидной, желтобрюхой и длинноперой камбал по данным тралений РТ «Огонь»: а — 1957 г.; б — 1958 г.; в — февраль — март 1959 г.; 1 — районы тралений; 2 — палтусовидная камбала; 3 — длинноперая камбала; 4 — желтобрюхая камбала (римскими цифрами обозначены месяцы лова).

всеместно, но неравномерно. Так, в центральной части моря на свале глубин, уловы ее за час траления измерялись десятками штук, а в юго-восточной части достигали 3 ц. В юго-восточном районе на глубинах 50—100 м палтусовидная камбала ловилась вместе с желтоперой, желтобрюхой и двухлинейной камбалами; на глубинах 100—140 м встречалась только палтусовидная камбала. В районе свала глубин она ловилась на глубине 120—450 м вместе с двухлинейной и длинноперой камбалами.

В феврале—марте 1959 г. (рис. 1в) палтусовидная камбала держалась вместе с желтоперой, желтобрюхой и двухлинейной камбалами на глубинах от 90 до 130 м, а в более глубоководных районах (150—300 м) вместе с двухлинейной и длинноперой камбалами. Уловы ее в этих районах обычно составляли менее центнера, максимальный улов был 2,4 ц.

На распределение палтусовидной камбалы существенное влияние оказывает придонная температура воды. Так, в юго-восточной части моря в июле эта камбала встречалась на глубине от 50 до 140 м, тогда как в районе к юго-западу от о. Матвея она в это время держалась в основном на глубине 100—150 м, а на глубинах менее 100 м скоплений ее не обнаруживалось. Причиной этого явилась, по-видимому, низкая температура придонных вод на глубинах менее 100 м (от минус 1 до плюс 2°). Максимальные уловы палтусовидной камбалы были получены при температурах плюс 2—4°. Более высоких температур, как и очень низких,

она, по-видимому, избегает, так как, начиная с плюс 4,3° и выше, и при температуре, близкой к отрицательной, она не встречалась совсем.

Кроме температурных условий, на распределение палтусовидной камбалы оказывает влияние распределение грунтов и кормовых объектов. Наибольшие уловы этой камбалы в летний период были получены в обоих районах на глубинах 110—140 м, где преобладали илисто-песчаные грунты. В этих районах, по данным Нейман [8, 9], широко распространена *Ophiura sarsi*, которая по частоте встречаемости занимает первое место в пищевом комке палтусовидной камбалы.

Размерный состав палтусовидной камбалы в траловых уловах представлен в табл. 1. Длина палтусовидной камбалы в уловах колебалась от 16 до 52 см. Наиболее часто встречались рыбы длиной от 30 до 40 см. Прилов мелкой камбалы (до 24 см длины) составил 8,6%.

Таблица 1

Размерный состав палтусовидной камбалы (в %)

Длина, см	Самцы	Самки	juv	Всего	Длина, см	Самцы	Самки	juv	Всего
16—18	0,3	—	13,7	0,6	36—38	15,0	8,6	—	11,5
18—20	1,3	0,3	18,2	1,5	38—40	9,1	9,3	—	8,9
20—22	2,6	1,4	27,2	2,9	40—42	1,9	8,6	—	4,9
22—24	2,6	4,3	9,1	3,6	42—44	1,0	4,6	—	2,8
24—26	5,2	4,6	18,2	5,6	44—46	—	3,2	—	1,5
26—28	9,4	4,3	9,1	7,1	46—48	—	0,7	—	0,3
28—30	9,8	9,3	4,5	9,3	48—50	—	0,7	—	0,3
30—32	11,0	12,9	—	11,5	50—52	—	1,1	—	0,5
32—34	12,8	14,3	—	13,0	<i>n</i>	307	280	22	609
34—36	18,0	10,8	—	14,0	<i>m</i>	31,75	34,21	21,96	32,86

Если сравнить палтусовидную камбалу из восточной части Берингова моря с палтусовидной камбалой из других промысловых районов (во всех районах взяты данные начала промысловой эксплуатации), то оказывается, что камбала из Олюторского залива, по данным Тихонова, мельче, а из залива Петра Великого, по данным Моисеева [5, 6], крупнее, чем камбала восточной части Берингова моря. Палтусовидная камбала, добываемая в районе западной Камчатки [6], по своим размерам почти не отличается от камбалы из восточной части Берингова моря (рис. 2).

Палтусовидная камбала в уловах встречалась весом от 50 до 1300 г. Средний вес ее в районе о. Матвея составил 466 г, в юго-восточной части моря — 549 г. На рис. 3 показана зависимость длины и веса палтусовидной камбалы.

В восточной части Берингова моря палтусовидная камбала встречалась в уловах в возрасте от 3+ до 12+ (рис. 4). В центральной части в 1957 г. преобладали особи в возрасте от 7+ до 10+, а в 1958 г. — от 5+ до 8+. В юго-восточной части основу уловов составила камбала в возрасте 4+—9+.

Возрастной состав палтусовидной камбалы из Берингова моря сходен с возрастным составом камбалы из района юго-западной Камчатки, где, по данным ПолUTOва, в 1949 г. (начало промысла) возраст палтусовидной камбалы колебался от 5+ до 11+, основу уловов составляли рыбы в возрасте от 6+ до 9+. Несколько более молодой возрастной состав уловов этого вида в Беринговом море не может свидетельствовать о влиянии промысла, так как интенсивный лов был начат только в 1959 г.

Возрастной состав палтусовидной камбалы из Берингова моря также сходен с возрастным составом этой камбалы из залива Петра Великого, где в 1935—1936 гг. (начало промысла) она встречалась в возрасте от 4+ до 9+ с преобладанием семи-, восьми- и девятилеток [6].

Палтусовидная камбала из юго-восточной части Берингова моря отличается более высоким темпом роста, чем из центральной его части. Берингоморская палтусовидная камбала растет несколько быстрее, чем камбала из района юго-западной Камчатки (по данным Полутова) и лишь немного медленнее, чем из залива Петра Великого (рис. 5). По-

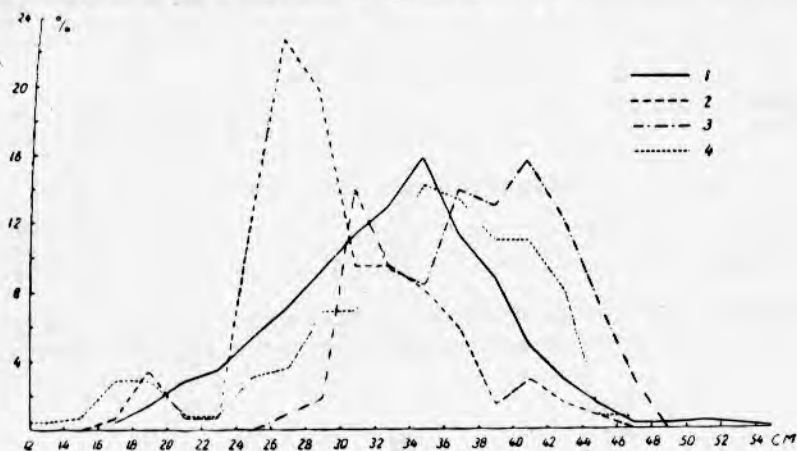


Рис. 2. Размерный состав палтусовидной камбалы в начальный период промысла в разных районах дальневосточных морей:

1 — Берингово море, 1957—1958 гг.; 2 — Олюторский залив, 1955 г.; 3 — залив Петра Великого, 1935—1936 гг.; 4 — западная Камчатка, 1938 г.

видимо, несмотря на более низкую биомассу кормового бентоса в Беринговом море по сравнению с юго-западной Камчаткой и заливом Петра Великого [3, 4, 8, 9], палтусовидная камбала восточной части Берингова моря в достаточной степени обеспечена пищей.

Период созревания у палтусовидной камбалы очень растянут. Неполовозрелые особи встречаются длиной до 37 см, наряду с которыми попадаются половозрелые рыбы длиной 22 см. Размерные группы от 22 до 37 см включают как половозрелых, так и неполовозрелых рыб. Массовое созревание начинается у рыб длиной 29 см, что соответствует шестилетнему возрасту в юго-восточной части и семилетнему в центральной части Берингова моря.

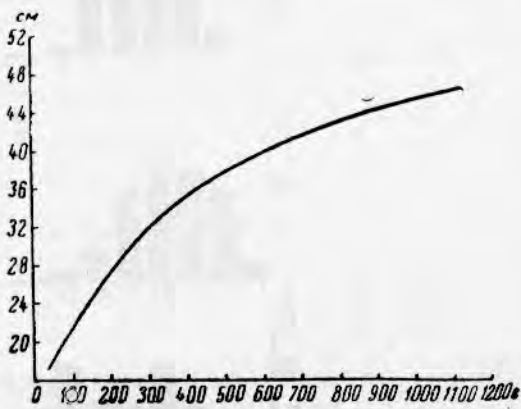


Рис. 3. Зависимость длины и веса палтусовидной камбалы Берингова моря.

Более раннее половое созревание палтусовидной камбалы в юго-восточной части моря подтверждается и более ранним замедлением роста, а также более молодым возрастным составом ее в этом районе по сравнению с центральной частью (рис. 4, 5). В Татарском проливе [6] у палтусовидной камбалы половозрелость наступает при длине 22—25 см.

Нерест палтусовидной камбалы в 1957 г. в районе к юго-западу от о. Матвея наблюдался в июне и июле. В юго-восточной части моря этот вид нерестовал, по-видимому, в июне, так как в июльской пробе преобладали отнерестовавшие рыбы (табл. 2).

Таблица 2

Изменение степени зрелости половых продуктов
у самок палтусовидной камбалы

Месяц	Стадии зрелости					n
	II	III	IV	V	VI	
Район о. Матвея, 1957 г.						
Июнь	2,9	—	8,8	11,7	76,6	34
Июль	13,6	—	4,5	4,5	77,4	22
Юго-восточная часть моря, 1958 г.						
Июль	70,0	20	—	—	10,0	45
Август	100,0	—	—	—	—	12
Сентябрь	95,0	5	—	—	—	174

Возможно это связано с гидрологическими условиями, и нерест в более теплой юго-восточной части моря начинается и заканчивается раньше.

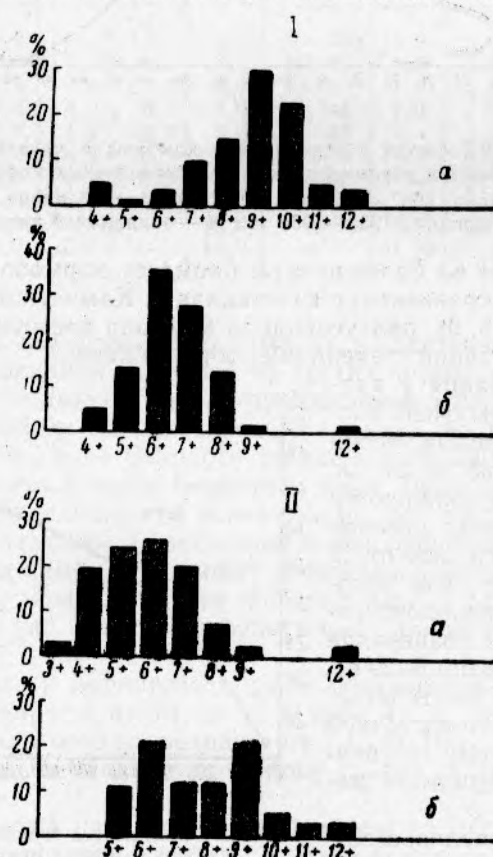


Рис. 4. Возрастной состав (в %) палтусовидной камбалы восточной части Берингова моря:
I — центральная часть: а — VII/1957 г.; б — VIII/1958 г.; II — юго-восточная часть:
а — VII/1958 г.; б — IX/1958 г.

ше, чем в более северных районах. В нерестовый период в пробах палтусовидной камбалы преобладали самцы, в сентябре — самки.

По данным Перцевой-Остроумовой [10], нерест палтусовидной кам-

балы в заливе Петра Великого начинается в апреле и продолжается до начала июля.

Данные о наполнении желудков палтусовидной камбалы пищей представлены в табл. 3, из которой видно, что в пробах из центральной части моря преобладали особи с пустыми и малонаполненными желудками, тогда как в юго-восточной части моря камбала питалась более интенсивно.

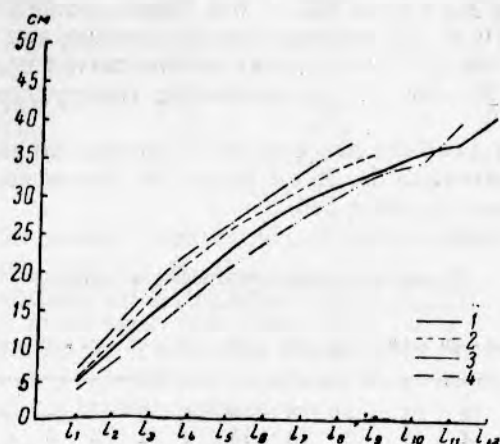


Рис. 5. Темп роста палтусовидной камбалы (данные обратного расчисления):

1 — юго-восточная часть Берингова моря; 2 — центральная часть Берингова моря; 3 — зал. Петра Великого, 1951 г., 4 — Западная Камчатка, 1949—1950 гг.

Таблица 3

Степень наполнения желудков палтусовидной камбалы (в %)

Дата сбора	Шкала в баллах					n	M
	0	1	2	3	4		
Центральная часть Берингова моря							
12—18/VI—57 г.	70,0	28,6	1,0	—	—	98	0,3
28/VII—57	42,0	31,0	22,0	5,0	—	100	0,9
29—31/VIII—58	52,6	20,3	23,7	1,7	1,7	59	0,8
17—21/IX—58	52,3	25,6	16,5	1,6	1,6	121	0,6
Юго-восточная часть Берингова моря							
4—18/VII—58	27,2	20,2	38,6	12,3	1,7	114	1,4
22—23/IX—58	32,1	33,3	16,7	15,4	2,5	78	1,2

В желудках палтусовидной камбалы чаще всего встречались офиуры, затем креветки, бокоплавы, остатки рыб, из моллюсков — иольдия. При сопоставлении питания этого вида в Беринговом море и в районе юго-западного Сахалина [7] видно сходство в составе пищи: в обоих случаях на первом месте стоят офиуры, на втором — ракообразные, затем моллюски, рыбы и другие организмы. Зимой палтусовидная камбала, в отличие от других видов камбал Берингова моря, питается, но слабо — в пробах преобладают пустые и малонаполненные желудки.

ЖЕЛТОБРЮХАЯ, ИЛИ ЧЕТЫРЕХБУГОРЧАТАЯ, КАМБАЛА

По Андрияшеву [1], желтобрюхая камбала встречается по всему Берингову морю, за исключением района Командорских о-вов.

Во время Берингоморской экспедиции желтобрюхая камбала ловилась в юго-восточной части Берингова моря в июле — начале августа 1958 г. на глубине 30—100 м, где преобладали песчаные грунты (см. рис. 1). Уловы ее обычно составляли менее центнера за подъем трала, иногда достигали 2 ц и один раз — 6 ц. Наибольшие уловы приходились на глубины 40—70 м, где температуры придонных вод в этот период колебались от 2,4° до 8,3°. На зимовку желтобрюхая камбала отходит к югу на глубины 90—130 м, где придонные температуры колеблются от +1° до 4,8°.

Желтобрюхая камбала встречалась в уловах длиной от 22 до 52 см, средняя длина составила 34, 36 см (табл. 4). Вес ее колебался от 200 до 1350 г, средний вес составил 540 г.

Таблица 4

Размерный состав желтобрюхой камбалы

Пол	—24	—26	—28	—30	—32	—34	—36	—38	—40	—42	—44	—46	—48	—50	—52	п	М
Самцы	—	3	9	12	17	13	8	10	4	2	—	—	—	—	—	78	32,23
Самки	1	2	1	4	14	12	18	15	6	12	3	3	4	—	1	96	35,09
Самцы и самки вместе	1	5	10	16	31	25	26	25	10	14	3	3	4	—	1	174	34,36
Всего, %	0,6	2,9	5,7	9,2	17,9	14,4	14,9	14,4	5,7	8,0	1,7	1,7	2,3	—	0,6	100	—

В июле ловились особи этого вида с текучими половыми продуктами, но у большинства рыб гонады имели уже II стадию зрелости, следовательно, нерест заканчивался. Соотношение полов у желтобрюхой камбалы в этот период было следующим: самцов 45%, самок 55%.

Из 190 просмотренных желудков этой камбалы 22,1% оказалось пустыми и 50% слабо наполненными, 25,8% желудков было со средним наполнением пищей и только 2,1% просмотренных желудков имели степень наполнения 3—4. Однако данные об интенсивности питания этого вида в летний период нельзя считать показательными из-за небольшого количества имевшихся в нашем распоряжении проб.

В желудках желтобрюхой камбалы обнаружены: *Joldia hyperborea*, *Joldia joani*, *Macoma calcarea*, *Cylichna alba*, *Sternaspis scutata*, *Scalibregma* sp., *Nephtyidae*, *Terebellidae*, *Amphipodae*, *Ophiuridae*.

Состав пищи желтобрюхой камбалы в Беринговом море сходен с составом ее пищи в Татарском проливе [7]: в обоих районах его основу составляют моллюски и черви. Зимой желтобрюхая камбала не питается, у всех особей, взятых на биологический анализ в феврале, были пустые желудки.

ДЛИННОПЕРАЯ КАМБАЛА

Длинноперая камбала, по Андрияшеву [1], обитает только в восточной части Берингова моря.

В 1958 г. эта камбала встречалась единично в сентябре в районе свала глубин центральной части Берингова моря, на глубине 200—500 м (см. рис. 1). Грунты в этом районе были илистые и песчаные. Температура придонных вод колебалась от 2,8 до 3,8°. В зимний период длинноперая камбала ловилась на глубинах 300—550 м, при температуре воды у дна 3,7—3,9°.

Длина длинноперой камбалы колебалась от 29 до 60 см, средняя длина составила 48,09 см (табл. 5).

Вес ее варьировал от 250 до 1500 г, средний вес был равен 949 г. Одна самка этого вида весила 2000 г, она при вычислении средней не учитывалась.

Возрастной состав длинноперой камбалы был следующим:

Возраст	%	Возраст	%
6+	2,3	14+	25,0
7+	4,5	15+	9,1
8+	2,3	16+	13,6
9+	—	17+	—
10+	4,5	18+	4,5
11+	4,5	19+	—
12+	16,0	20+	2,3
13+	11,4	<i>n</i>	44

Из приведенных данных следует, что преобладающее количество рыб (75%) имело возраст от 12+ до 16+.

Нерест длинноперой камбалы наблюдался в сентябре. В это время в пробах преобладали самцы, составляя 69%.

Данные по питанию этой камбалы ограничены, из них видно, что интенсивность питания длинноперой камбалы к середине сентября снизилась по сравнению с началом этого месяца.

Таблица 5

Размерный состав длинноперой камбалы

Пол	—30	—32	—34	—36	—38	—40	—42	—44	—46	—48	—50	—52	—54	—56	—58	—60	<i>n</i>	<i>M</i>
Самцы	1	1	1	2	2	1	2	4	17	11	15	18	7	5	2	1	90	47,80
Самки	—	—	2	—	3	2	—	—	1	2	4	10	7	7	1	—	39	49 10
Самцы и самки вместе	1	1	3	2	5	3	2	4	18	13	19	28	14	12	3	1	129	48,09
Всего, %	0,8	0,8	2,3	1,6	3,9	2,3	1,6	3,1	13,9	10,1	14,7	21,7	10,8	9,3	2,3	0,8	100	—

Степень наполнения желудков
длинноперой камбалы (в %)

	7/IX—58	15/IX—58
0	4,2	22
1	20,8	56
2	54,2	22
3	20,8	—
<i>n</i>	24	50
<i>m</i>	1,9	1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на северное положение Берингова моря и низкую биомассу кормового бентоса, условия обитания в нем палтусовидной камбалы удовлетворительны, о чем свидетельствует сходство возрастного состава и темпа роста ее с камбалой из других промысловых районов. Палтусовидная камбала может иметь промысловое значение на севере центральной части Берингова моря.

Желтобрюхая камбала в настоящее время ловится в небольших количествах. Однако при значительном развитии промысла может произойти уменьшение численности желтоперой камбалы и замещение ее другими видами, как это имело место в заливе Петра Великого [6, 12]. Возможно, что такими видами окажутся желтобрюхая или двухлинейная камбалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрияшев А. П. Очерк зоогеографии и происхождения фауны рыб Берингова моря и сопредельных вод. ЛГУ, 1939.
2. Андрияшев А. П. Рыбы северных морей СССР. Изд-во АН СССР, 1954.
3. Гордеева К. Т. Материалы по количественному учету зообентоса западно-камчатского шельфа. Известия ТИНРО. Т. 26, 1948.
4. Дерюгин К. М. и Сомова Н. М. Материалы по количественному учету бентоса зал. Петра Великого. Исследования дальневосточных морей. Вып. 1. Изд-во АН СССР, 1941.
5. Моисеев П. А. Некоторые данные по биологии и промыслу камбал залива Петра Великого. Известия ТИНРО. Т. 22. Примиздат., 1946.
6. Моисеев П. А. Треска и камбалы Дальневосточных морей. Известия ТИНРО. Т. 40. Примиздат, 1953.
7. Микулич Л. В. Питание камбал у берегов Южного Сахалина и Южных Курильских островов. Известия ТИНРО. Т. 39. Примиздат.
8. Нейман А. А. Количественное распределение бентоса в восточной части Берингова моря. «Зоологический журнал». Т. XXXIX. Вып. 9, 1960.
9. Нейман А. А. Кормовая база камбал в восточной части Берингова моря. «Рыбное хозяйство» № 10, 1960.
10. Перцева-Остроумова Т. А. Размножение и развитие дальневосточных камбал. Изд-во АН СССР, 1961.
11. Таранец А. Я. Краткий определитель рыб Советского Дальнего Востока и прилегающих вод. Известия ТИНРО. Т. 11, 1937.
12. Тычкова М. А. К состоянию запасов камбал залива Петра Великого. Известия ТИНРО. Т. 22. Примиздат, 1946.

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

597.553(265.2)

О СЕЛЬДИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

Ю. И. Дудник и Э. А. Усольцев

ТИНРО

До последних лет советский промысел сельди в Беринговом море производился только в его западной части за счет облова сельди корфоркагинского стада.

Однако уже первые годы работы Берингоморской комплексной экспедиции ТИНРО и ВНИРО показали, что наряду со скоплениями камбал, морского окуня и других донных и придонных рыб в восточной части Берингова моря обитает сельдь, и можно ожидать обнаружения ее в промысловых концентрациях.

В 1959 г. были организованы специальные исследования, которые продолжались в течение трех лет и проводились на экспедиционных судах СРТ-4347, СРТ-4454, «Аметист» и «Алатырь» под руководством В. Г. Прохорова, И. Е. Шабанеева и авторов настоящей статьи.

Во время поисков скоплений сельди была обследована обширная площадь в пределах шельфа от п-ова Аляска до о-ва Лаврентия. Наряду с контрольными тралениями донными сельдевыми тралями, контрольными обловами поверхностных слоев воды дрейтерными сетями, а также проверкой толщи воды гидроакустической аппаратурой осуществлялись фоновые гидрологические и планктологические работы.

Полученные сведения о сезонном распределении сельди, путях ее миграций и поведении, естественно, не могут претендовать на полноту, но, несомненно, представляют большое научное и промысловое значение. Продолжающиеся работы Берингоморской комплексной экспедиции, несомненно, дополнят и уточнят имеющиеся данные.

В настоящее время относительно полно изучен зимний период жизненного цикла сельди, что позволило уже в 1961 г. организовать результативный зимний промысел. В период с января по май 1961 г. промысловыми судами было добыто около 100 тыс. ц, а с января по апрель 1962 г. — более 210 тыс. ц сельди.

Максимальные уловы с судов типа СРТ превышали 200 ц, а обычные уловы на подъем трала составляли 50—100 ц.

Район зимнего обитания сельди находится к северо-западу от о-вов Прибылова (рис. 1) у южной кромки ледяных полей. Возможны и другие места зимних скоплений сельди, о чем свидетельствуют некоторые данные, относящиеся к весне, позволяющие предполагать возможность

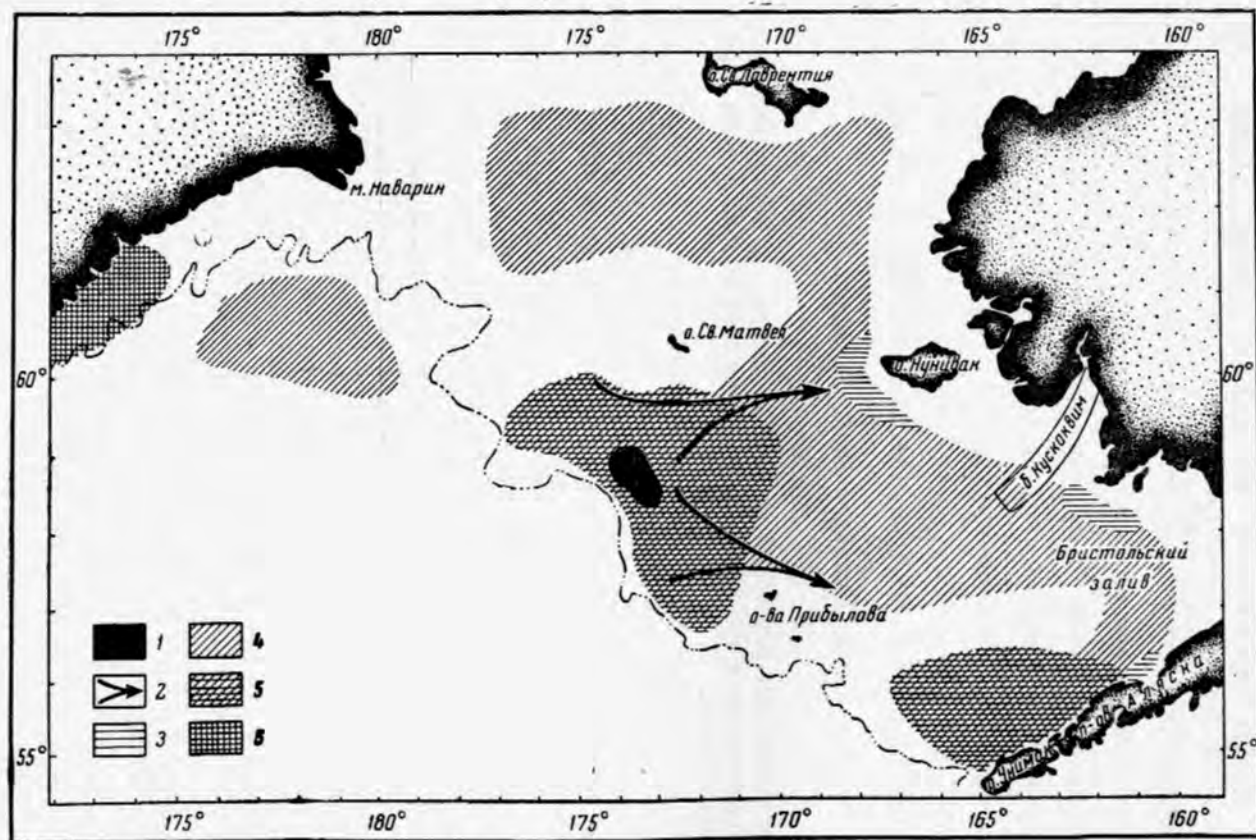


Рис. 1. Распределение сельди в восточной части Берингова моря:
 1 — зимнее скопление; 2 — пути отхода на нерест; 3 — район обнаружения сельди с текучими половыми продуктами; 4 — распространение в июне — августе; 5 — распространение в сентябре — октябре; 6 — район промысла корфо-карагинской сельди в июле — августе.

зимовки значительных количеств сельди под ледяными полями далее к северу.

Район зимовки сельди у о-вов Прибылова характеризуется близким расположением к свалу, спокойным рельефом дна и относительно стабильными температурами в придонных слоях на протяжении всей зимы.

Концентрироваться в этом районе сельдь начинает в октябре—ноябре, причем во второй половине ноября наблюдаются довольно плотные косяки сельди, встречающиеся на глубинах от 110 до 130 м, в то время как на больших и меньших глубинах сельдь встречалась в небольших количествах.

Температура водных слоев, в которых обитала сельдь с декабря по март, колебалась в пределах 2—3,5°, а во второй половине марта, к концу зимовки, сельдь встречалась при более низких температурах — 0,9—2°.

Площадь, в пределах которой встречалась сельдь в период наиболее устойчивых концентраций, составляла более 900 кв. миль. У сельди были отчетливые суточные вертикальные миграции. Днем и особенно в солнечные дни сельдь плотно «ложилась» на грунт, о чем свидетельствова-

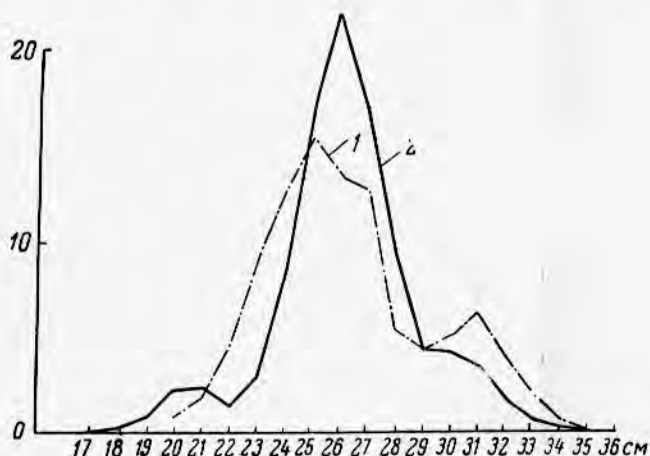


Рис. 2. Размерный состав сельди (в %) зимой в районе промысла:

1 — 1960/61 г., $n = 4721$ экз.; 2 — 1961/62 г., $n = 4310$ экз.

ли как показания гидроакустических приборов, так и наиболее высокие уловы придонных тралов. Высота косяков над грунтом в этот период составляла всего 5—10 м, и уловы достигали предельно высоких показателей.

С наступлением сумерек сельдь отрывалась от грунта и держалась в толще воды. Плотность косяков при этом значительно уменьшалась и величина траловых уловов резко снижалась, составляя 2—5 ц за траление. Высота косяков ночью доходила до 20—50 м, а протяженность до 7—9 км.

Размерный состав сельди в районе зимовки был очень разнообразен. В уловах присутствовала сельдь длиной от 12 до 36 см, в возрасте от 2 до 12 лет, что соответствует поколениям от нереста 1949—1960 гг. (рис. 2 и 3).

Однако в уловах преобладали поколения 1956 и 1957 г., которые в 1961 г. составляли 57,5%, а в 1962 г. — 72,9. Если в 1961 г. в уловах заметную роль (33,7%) играли старшие поколения 1953—1955 гг., то в

1962 г. их доля снизилась до 8,6%, что произошло, прежде всего, вследствие вступления в промысел высокочисленного поколения 1957 г.

Анализ темпа роста восточноберингоморской сельди показывает, что наиболее интенсивный рост происходит до трехгодовалого возраста.

Средние годовые приросты сельди (в см)

t_1	7,0	t_6	2,1
t_2	6,8	t_7	1,7
t_3	4,8	t_8	0,9
t_4	2,9	t_9	0,9
t_5	2,3	t_{10}	1,0
t_{11}	0,7		

Половая зрелость наступает в трех-, четырехгодовалом возрасте и только очень небольшое количество созревает в пятигодовалом возрасте (таблица).

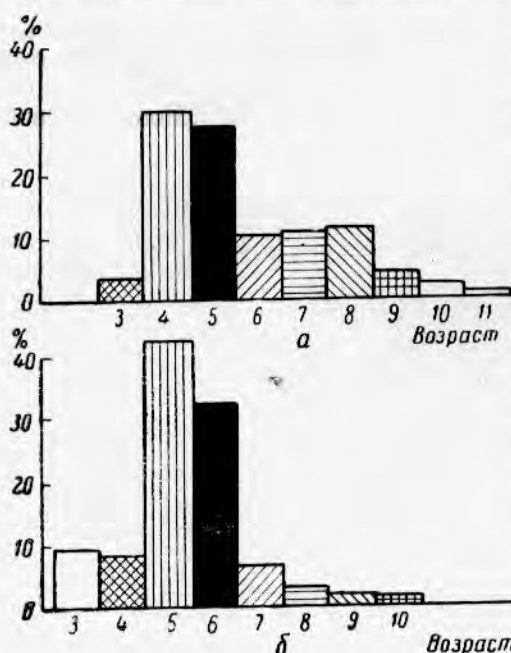


Рис. 3. Возрастной состав сельди зимой в районе промысла:
а — 1960/61 г., $n = 754$ экз.; б — 1961/62 г.,
 $n = 1773$ экз.

Приведенные данные пока не позволяют сделать окончательного заключения о наступлении массового созревания в возрасте 3+, так как они относятся только к сельди из одного района ее зимовки. Может оказаться, что значительная часть неполовозрелых рыб данного возраста зимует в другом районе.

В сентябре — октябре, в период образования предзимовальных скоплений, половозрелая сельдь в районе о-вов Прибылова имела половые продукты на II и III стадии зрелости, а к концу зимовки половые продукты имели III—IV и IV стадии зрелости и именно эти стадии преобладали у сельди в период ее отхода из района зимовки, происходящего в конце марта — апреле.

При отходе с мест зимовки площадь, занятая косяками сельди, несколько увеличива-

Таблица

Соотношение половозрелой и неполовозрелой сельди в районе промысла зимой 1960/61 и 1961/62 г.

Возраст. годы	Половозрелые, %	Неполовозрелые, %	Размеры, см	Количество, шт.
3	32,6	67,4	16,5—24,5	92
4	87,4	12,6	19,0—25,5	189
5	99,0	1,0	22,0—28,0	380

лась, а миграция происходила в двух направлениях: на северо-восток и на юго-восток (см. рис. 1).

Подвижность косяков возрастала, в уловах часто встречались рыбы с желудками, наполненными пищей, среди которой преобладали темисто и сагитта, в то время как зимующая сельдь почти не питалась и в 228

ее желудках только изредка встречалась молодь черноглазки. Масштабы вертикальных миграций также возросли, и если днем сельдь находилась у грунта, то ночью она поднималась в поверхностные слои.

Зависимость между температурой воды и распределением сельди весной установить не удалось. Сельдь, идущая на нерест, зачастую встречалась и при отрицательных температурах (до минус 1,7°).

На основании данных о местах встречи в прибрежных водах сельди с текучими половыми продуктами, а затем и только что отнерестовавшей сельди можно полагать, что нерестилища находятся в бухтах п-ова Аляска и в бухтах материкового побережья, включая бухту Кускоквим и район о. Нунивак.

В районе п-ова Аляска преднерестовая сельдь встречалась во второй половине апреля — мае, в районе бухты Кускоквим — в начале июня, а в районе о. Нунивак — во второй половине июня; следовательно, нерест сельди из различных районов восточной части Берингова моря длится с конца апреля по июнь включительно.

После нереста наступает период интенсивного нагула; наполнение желудков у основной массы сельди определяется в 3—4 балла, а основными объектами питания продолжают оставаться черноглазка, калянус и сагитта.

В июне — августе сельдь встречалась над шельфом и распределялась мелкими разрозненными косячками в поверхностном прогретом слое воды. Единичными экземплярами сельдь попадалась в дрейтерные сети в пределах обширного района от п-ова Аляска до о. Лаврентия, при температурах от 6 до 9,8°.

В восточной части Берингова моря промысловые дрейтерные уловы (от 0,5 до 5 ц) отмечены только в Бристольском заливе, причем в указанных количествах сельдь встречалась только в прибрежных районах п-ова Аляска, а мористее уловы сельди уменьшались.

В июне — июле 1959 и 1960 г. к югу и юго-востоку от мыса Наварин у азиатского побережья над глубинами 150—1200 м были отмечены случаи присутствия сельди в поверхностных слоях воды. Дальнейшие исследования показали, что сельдь встречалась на обширной площади от 179° з. д. до азиатского побережья (см. рис. 1) и принадлежала к корфокарагинскому стаду.

В конце августа сельдь восточной части моря начинала мигрировать в сторону свала, причем из поверхностных слоев воды сельдь уходила в придонные. В сентябре сельдь встречалась только в траловых уловах, а ареал ее распространения постепенно сужался. В конце сентября — октябре к северу от о-вов Прибылова сельдь встречалась между изобатами 75 и 125 м при температуре воды у дна 2—3,5°. Наибольшие концентрации сельди (от 0,5 до 5 ц) отмечены на глубинах 90—95 м.

До ноября сельдь питалась довольно интенсивно, наполнение желудков у нее колебалось от 1 до 4 баллов, а жирность у основной массы особей достигала 2—3 баллов. Половые продукты были на II—III и III стадиях зрелости. Самцы имели более развитые половые продукты.

Высокие промысловые концентрации сельди в районе о-вов Прибылова встречались во второй половине ноября и траловые уловы научно-поисковых судов достигали 100 ц за час траления. Несомненно, что новый район промысла сельди восточноберинговоморского стада имеет большое промысловое значение.

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

597.582 (265/266)

ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ У ТИХООКЕАНСКОГО МОРСКОГО ОКУНЯ (SEBASTODES ALUTUS GILBERT)

В. В. Барсуков

Зоологический институт АН СССР

В северных частях Атлантического и Тихого океанов в последние годы сильно возросло промысловое значение морских окуней (сем. Scorpaenidae). Необходимо подробно изучить образ жизни морских окуней и уточнить их систематическое положение, а это не просто, особенно в отношении тихоокеанских *Sebastes**. Род *Sebastes* отличается очень большим видовым разнообразием, причем морфологические разрывы между видами большей частью выражены так же нерезко, как и между атлантическими видами *Sebastes*, систематическое положение которых, несмотря на их гораздо большую изученность, до сих пор вызывает разногласия. Изучение систематики *Sebastes*, основанное на больших сериях, для каждого отдельного исследователя, по существу, возможно лишь в какой-то одной части громадного ареала рода, а поэтому сравнение особей, обитающих в разных районах, затруднено; молодь многих видов редко встречается в уловах, что вызывает еще большие затруднения. В этих условиях необходимы очень подробные описания внутривидовой изменчивости, основанные на изучении возможно большего количества особей разного размера.

В качестве примера мною взят хорошо очерченный вид *Sebastes alutus*, превосходно описанный Гильбертом [18, 19] и другими американскими исследователями [17, 28], с простой, не запутанной синонимией, имеющий наибольшее значение в промысле морских окуней в Беринговом море и прилежащих водах. Наблюдения над внутривидовой изменчивостью морфологических признаков *S. alutus*, приведенные ниже, включают основные признаки, употреблявшиеся при описаниях видов *Sebastes* и, как мне представляется, могут служить в известной степени эталоном при работе над систематикой указанных видов. Основное внимание уделено индивидуальной изменчивости и изменчивости, связанной с размерами рыб, затем — географической. Половая изменчивость, если не счи-

* Некоторые исследователи [26 и др.] не признают родовой обособленности тихоокеанских *Sebastes* от атлантических *Sebastes*, однако для решения вопроса требуются дополнительные исследования.

тать различий в строении мочепоолового сосочка, очень сильно уступает индивидуальной, географической, а в подавляющем большинстве случаев и размерной и поэтому не рассматривается.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Было исследовано 70 экз. длиной * 12—36 см из зал. Аляска **, собранных автором в июле — августе 1960 г., 17 экз. длиной 13—33 см из Олюторского зал. и 25 экз. длиной 8—30 (в основном 8—20 см) из района Командорских о-вов, собранных А. П. Андрияшевым в 1932 и преимущественно в 1950—1952 гг., 9 экз. длиной 13—34 см, собранных И. А. Паракецовым в зал. Аляска и в Беринговом море вблизи пролива Унимак, и 3 экз. длиной 23—26 см, взятых у побережья штата Вашингтон (Зоологический музей МГУ, № 9729). Если наблюдения основывались на ином числе экземпляров, то это отмечено в тексте особо. В дальнейшем для краткости рыбы из зал. Аляска будут называться аляскинскими, из Олюторского зал. — олюторскими, из района Командорских о-вов — командорскими, с побережья штата Вашингтон — вашингтонскими.

Автор не является сторонником заранее заданных схем «пластических признаков», единых для изучаемой группы видов. Соотношения длин отдельных частей тела годны лишь для упрощенной передачи различий в форме этих частей, которые полнее и точнее передаются при помощи рисунков, сопровождаемых достаточно подробными описаниями ***. Чем резче различия, тем допустимее их упрощенная передача. Понятно, что в каждом конкретном случае полезны свои измерения, распространение которых на другие виды или внутривидовые категории может определиться лишь в процессе изучения этих форм. Однако при работе с *S. alutus* мне пришлось выполнить все измерения, произведенные Филиппсом [28] на калифорнийских особях, поскольку иной возможности сравнения исследованных мною *S. alutus* с калифорнийскими не было. Просчеты частей тела, сходных между собой по форме (лучи плавников и т. д.), произведены также по Филиппсу.

ОКРАСКА (рис. 1 и 2)

Голова сверху, спина и бока красные с легким сероватым оттенком, более ярко выраженным на спине; у мелких особей этот оттенок обычно несколько ярче, чем у крупных. У особей длиной не более 28—30 см заметен золотистый отблеск над мномерами, от брюха почти до самой боковой линии. Яркость красного цвета довольно сильно варьирует; обычно окраска ярче, когда рыб в трале мало. После смерти красный цвет исчезает, рыба постепенно становится серой. Исчезает красная окраска и при хранении в формалине и спирте, а темные пятна сохраняются в течение многих лет.

На спине под спинным плавником три темно-серых пятна: переднее под 5—8 колючками, среднее под (9) 10—12 (13) колючками, заднее под мягкими лучами от (3)4(5) спереди до 2 сзади; оно нередко разделяется на два, а иногда и на три пятна. На хвостовом стебле сверху, в задней его половине, одно темно-серое пятно; под ним, а также под передним, средним и задним пятнами у особей длиной около 15—24 см имеются

* Всюду дается так называемая стандартная длина, т. е. расстояние от конца рыла до задних концов hypuralia, хорошо заметных, если плавник немного отогнут вбок. Сокращение длины тела при хранении в спирте в течение нескольких месяцев колеблется от 0,3 до 4% первоначальной длины и в среднем увеличивается от 1% у особей длиной около 20 см до 2% у особей длиной более 30 см.

** Банки Дэвидсона, Санак, Альбатрос и Портлок; карта мест лова и глубины даны в статье Т. Г. Любимовой [5].

*** Статистические методы обработки материала могут быть при желании применены и здесь.

еще пятна на боковой линии, каждое из которых расположено чуть позади вертикали соответствующего пятна на спине и обычно обособлено от него. Яркость всех пятен сильно варьирует даже у особей одинакового размера, но в общем с ростом рыбы пятна бледнеют и исчезают, прежде всего, на боковой линии, затем переднее пятно под спинным плавни-

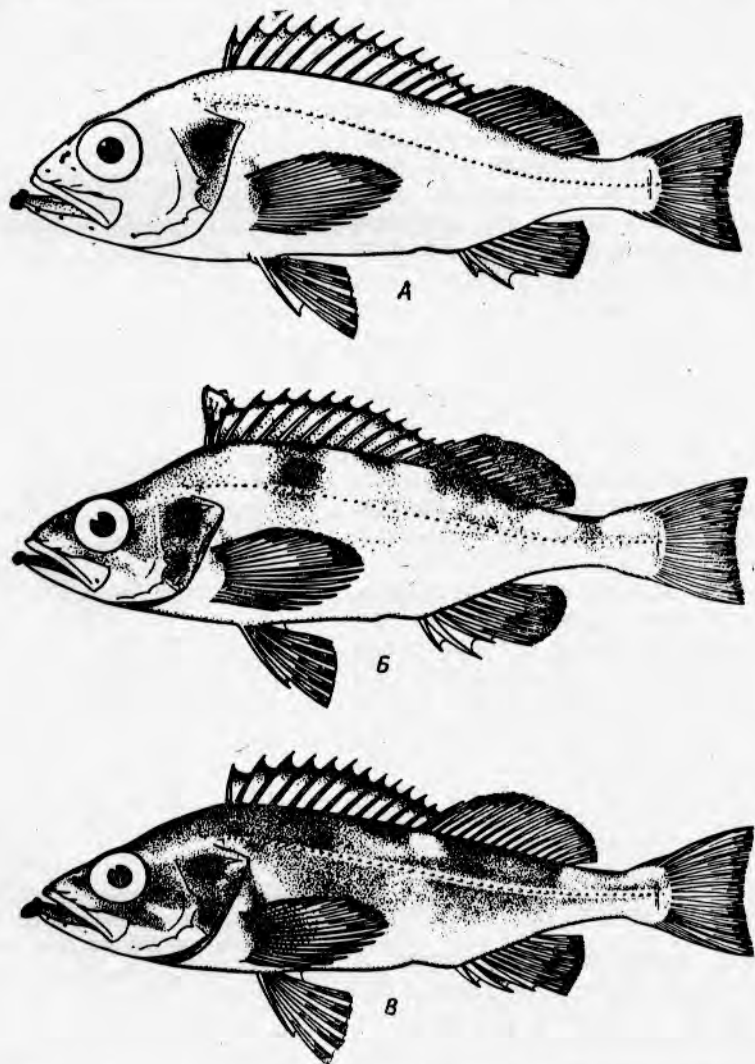


Рис. 1. Вариации в характере темных пятен на теле *Sebastodes alutus* зал. Аляска:

А — типичная окраска крупных особей (самка длиной 340 мм, 59° 02' с. ш., 148° 31' з. д., глубина 214 м, 8 августа 1960 г.); Б — типичная окраска особей длиной около 15—24 см (самка длиной 188 мм, 54° 22' с. ш., 161° 18' з. д., глубина 136 м, 22 июля 1960 г.); В — самый темный экземпляр из всех исследованных (самка длиной 286 мм, 54° 20' с. ш., 160° 10' з. д., глубина 260—225 м).

ком, после среднее пятно и пятно на хвостовом стебле. Заднее пятно под спинным плавником наиболее стойкое, однако и оно у самых крупных экземпляров обычно чуть заметно в виде желтовато-сероватой тени.

На голове сверху видна неясная узкая темная полоса между верхними обонятельными отверстиями и вторая, широкая, простирается от заднего края глаз до начала туловищных мышц; в центре последней нахо-

дится более светлое поле, охватывающее переднюю половину (или несколько более) затылочных гребней. Узкая темная полоска видна иногда и перед самым началом спинного плавника. С ростом рыбы эти полосы бледнеют и у некоторых особей исчезают совсем.

Семфизиальный бугорок темно-серый; на остальной части губ имеется лишь сероватый налет; на переднем и заднем концах *maxillare* иногда заметна темная продольная полоса. На щеках три косые полосы: верхняя идет от заднего края глаза к верхнему шипу на *operculum*, причем перед этой костью полоса бледнее, чем на ней; средняя — от заднего края глаза к первому и второму сверху шипам на *раеoperculum* и дальше на *operculum* вплоть до его края; нижняя — от нижнего глаза ко второму снизу шипу на *раеoperculum*. Яркость всех трех полос сильно варьирует, так же как яркость темных пятен на спине и боках, и с ростом рыбы в общем уменьшается; у крупных особей обычно заметно лишь серое пятно в верхней части *operculum* — остатки верхней полосы.

Низ головы красноватый; яркость этого цвета наименьшая в тех местах, которые при закрытом рте прикрыты складками кожи. Грудь белая или с очень легким красноватым оттенком. Брюхо белое, лишь края чешуй на нем красноватые. Хвостовой стебель снизу белый или немного красноватый, но меньше, чем низ головы; края чешуй на нем нередко окрашены ярче, чем центральные части свободного сектора чешуи, что наблюдается и на боках, но там эти края шире. Степень различия в яркости окраски края и центральной части свободного сектора чешуй у разных особей сильно варьирует.

Спинной плавник красноватый с серым оттенком, более заметным у основания плавника против пятен на спине и распространяющимся по мягким лучам заметно выше, чем по колючкам, особенно по передним лучам. У крупных особей серый оттенок на спинном плавнике почти незаметен. Хвостовой плавник красноватый с сероватым оттенком, более заметным, чем на других плавниках; лишь у самых крупных особей оттенок незаметен или почти незаметен. Анальный и брюшные плавники красноватые. У грудного плавника верхняя половина красновато-желтая, нижняя — красноватая, основание — сероватое; переходы между ними нерезкие; у крупных особей обычно весь плавник красноватый, за исключением неяркого и расплывчатого сероватого пятна в основании самых длинных лучей.

У нормально окрашенных особей все пятна независимо от степени яркости располагаются на вполне определенных местах. Лишь изредка встречаются особи с одним или несколькими пятнами на теле, расположение которых (а также форма и размеры) непостоянно. Эти пятна

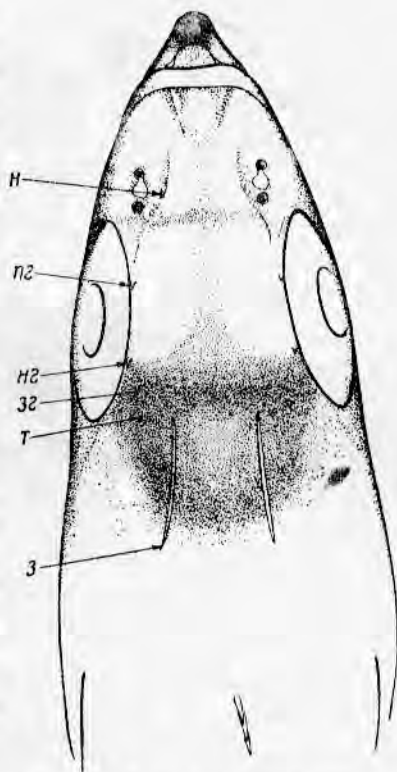


Рис. 2. Темные пятна и шипы на верхней части головы. Самец длиной 224 мм, зал. Аляска ($54^{\circ} 22' \text{ с. ш.}, 161^{\circ} 18' \text{ з. д.}$, глубина 136 м, 22 июля 1960 г.); з — затылочные шипы; zg — заглазничные; n — носовые; ng — надглазничные; ng — предглазничные; t — тимпанальные.

чаще встречаются на боках головы и туловища, они всегда яркие, густо-черные, как будто намазаны тушью.

Радужина темно-серая или бурая, с неясно отграниченными золотисто-серебристыми участками.

Полость рта красноватая, местами беловатая или сероватая; у крупных особей часто покрыта темно-серыми пятнами, количество и яркость которых сильно варьируют. Жаберная полость окрашена сходно с полостью рта; вокруг верхнего края *operculum* всегда заметно крупное темное пятно.

Брюшина у мелких особей черная. С ростом рыбы окраска брюшины несколько бледнеет, у некоторых наиболее крупных особей до серой. У мелких особей, фиксированных в спирте, брюшина темно-бурая, у крупных — от темно- до бледно-коричневой и покрыта мелкими, величиной с булавочную головку, черными пятнами или немного более крупными темными полосками. Такова же окраска брюшины в спирте у олюторских и командорских особей; расположение темных пятен на внешних покровах этих рыб, судя по всему, близко к таковому у аляскинских; однако точное сравнение затруднено, так как первые две группы представлены лишь немногими экземплярами, пролежавшими в спирте 10 лет и более. По расположению темных пятен на теле вашингтонские особи также сходны с аляскинскими.

Для подробного описания окраски аляскинских *S. alutus* мною было использовано более сотни только что выловленных особей длиной 12—40 см, а изменчивость основных признаков окраски, прежде всего темных пятен на спине и боках, прослежена на сотнях экземпляров.

ЧЕШУЯ

Наиболее крупные чешуи располагаются в передней части туловища, ниже боковой линии. К хвосту, брюху, груди и спине размеры чешуи постепенно уменьшаются; переход от более крупных чешуек к более мелким около плечевого пояса и на основных лучах хвостового плавника недалеко от их основания — довольно резкий. В остальных частях хвостового плавника и на всех других плавниках, включая внутренние стороны грудных и брюшных плавников, чешуя мелкая и размеры ее продолжают уменьшаться от основания плавника к концу его лучей. Далее всего чешуйки простираются по боковым сторонам луча и соседним с ним участкам перепонки, где иногда прослеживаются почти до самого конца перепонки; на колючий спинной плавник чешуя не заходит так далеко, как на другие. На голове чешуя мельче, чем в передней части туловища, крупнее всего на жаберных крышках и щеках, мельче всего — на рыле, челюстях, подбородке и лучах жаберной перепонки. В складках кожи под задним краем *praeperculum*, под лучами жаберной перепонки, *maxillare* и т. д. — чешуи нет. Губы не покрыты чешуей.

На туловище и хвосте, кроме крупных основных чешуй, всегда имеются (обычно в небольшом количестве) более мелкие и тонкие, часто мало заметные дополнительные чешуйки, лежащие на основных. Они по большей части треугольные, причем суженная передняя часть обычно прикрыта основной чешуей переднего ряда, а задняя, округлая — открыта; по размерам сильно варьируют, но все же самые крупные из них заметно меньше основных чешуй.

Основные чешуи группируются в более или менее правильные косые ряды, но не образуют правильных продольных рядов. Косые ряды иногда выклиниваются, а около плечевого пояса и на конце хвоста перед хвостовым плавником заметно сбиваются. В области боковой линии от плечевого пояса до конца *hypuralia* их обычно 53—56, на хвостовом плавнике за *hypuralia* — около 4.

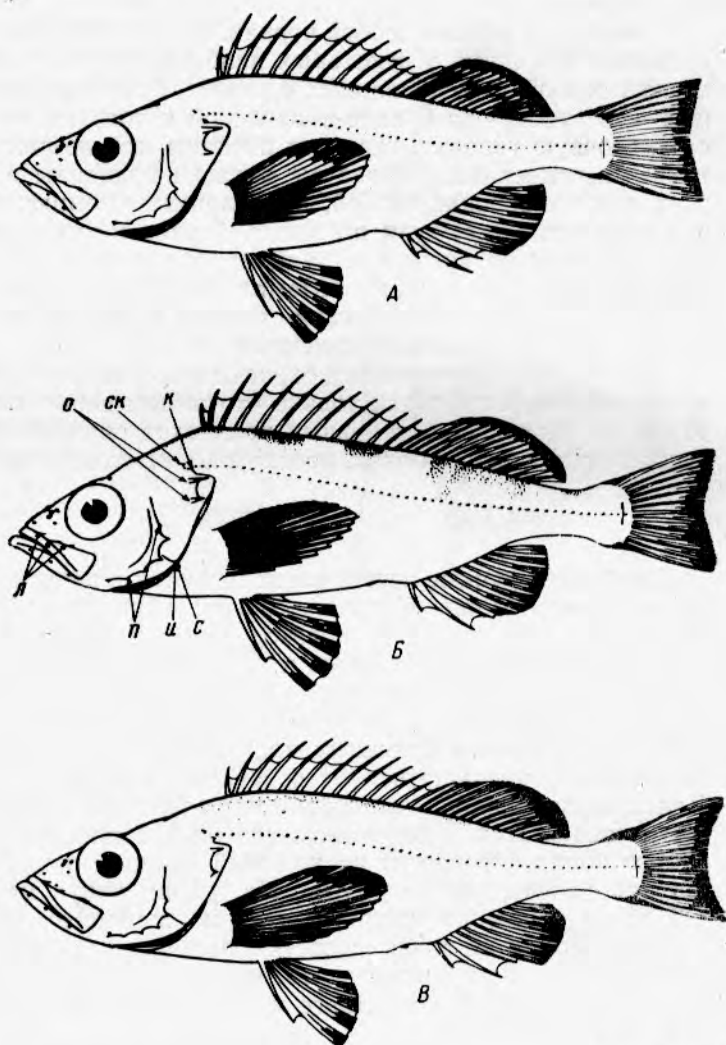
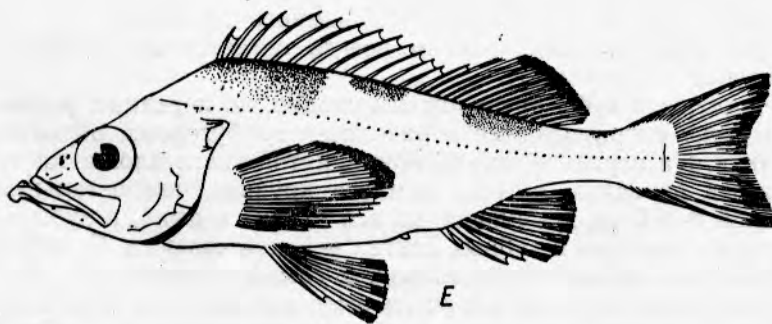
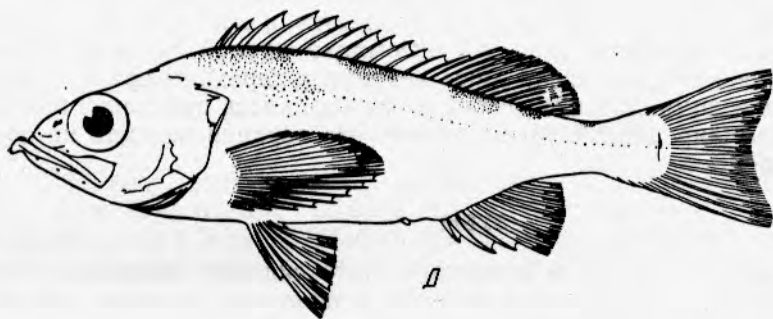
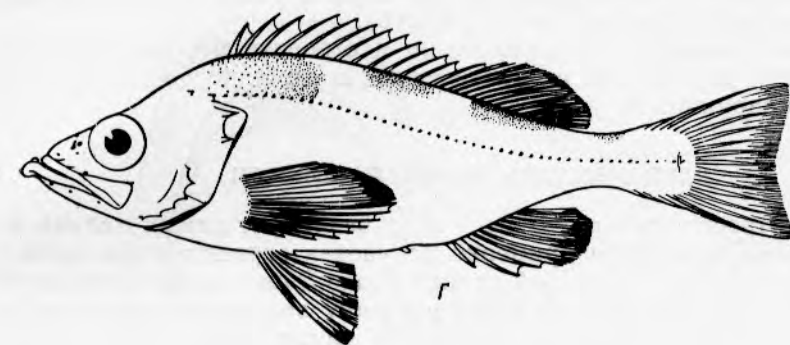


Рис. 3. Seb

Молодь: А — самка длиной 130 мм, Олюторский зал. ($59^{\circ}48'$ А. П. Андрияшева); Б — самка длиной 138 мм, зал. Аляска дорские о-ва (юго-восточная оконечность о-ва Медного, глу-и — шипик на interoperculum; к — шип на cleithrum; л — лоргаеоперкулум; с — шипик на suboperculum; ск — шип на Олюторский зал. (к северо-западу от мыса Наварин, глубина Д — самец длиной 299 мм, зал. Аляска ($58^{\circ}02'$ с. ш., $149^{\circ}40'$ ную 298 мм, Командорские о-ва (западная сторона о-ва Бе-сборы А. П.



astodes alutus.

с. ш., $170^{\circ} 41'$ в. д., глубина 142 м, 13 ноября 1932 г., сборы (сборы И. А. Паракецова); В — самец длиной 107 мм, Коман-бина 106—110 м, 1 октября 1951 г., сборы А. П. Андрияшева); пасти на praeorbitale; о — шипы на operculum; n — шипы на supracleithrum. Взрослые особи: Г — самец длиной 291 мм, 294—268 м, 7 октября 1951 г., сборы А. П. Андрияшева); з. д., глубина 170—120 м, 5 августа 1960 г.); Е — самец дли-ринга, глубина 107—124 м, 29 сентября 1951 г., Андрияшева).

На голове, плечевом поясе и плавниках чешуйки не образуют правильных рядов; размеры и особенно форма чешуй на одном и том же участке тела сильно варьируют; вариации формы уменьшаются лишь по самому краю чешуйного покрова, где чешуйки мельче всего — здесь они овальные, сплошь циклоидные. Мелкие циклоидные чешуйки можно найти на любой части тела; на туловище и хвосте их очень мало (встречаются среди дополнительных чешуй).

Заметных различий в расположении и строении чешуи между вашингтонскими, аляскинскими, олюторскими и командорскими *Sebastes alutus* обнаружить не удалось.

РАСПОЛОЖЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

Верхний отросток *praemaxillare* у всех особей, от самых мелких до самых крупных, кончается примерно на уровне верхнего края зрачка. Верхнечелюстная кость у особей длиной около 8 см простирается обычно до вертикали, проходящей через середину зрачка; с ростом рыбы верхняя челюсть заходит далее и у особей длиной более 20 см чаще всего достигает вертикали заднего края зрачка, реже заходит за нее, но никогда не достигает вертикали заднего края орбиты (рис. 3). У аляскинских, вашингтонских и командорских особей, при одинаковой длине верхняя челюсть в среднем простирается немного дальше, чем у олюторских. Встречен олюторский экземпляр длиной 31 см, у которого верхняя челюсть достигала лишь вертикали середины зрачка (что у аляскинских и командорских особей не наблюдалось при длине более 20 см), и экземпляр длиной 13 см, у которого верхняя челюсть не достигала этой вертикали.

ЗУБЫ

Зубы мелкие, в виде очень коротких, густо сидящих щетинок. На каждой из сторон верхней челюсти они расположены длинной узкой лентой, клинообразно суживающейся и кончающейся примерно в углу рта; спереди лента закруглена и несколько расширена внутрь ротовой полости (рис. 4); зубы на этом расширении немного крупнее остальных. Между правым и левым расширением всегда остается пространство, свободное от зубов («перерыв»).

На нижней челюсти зубы расположены сходно, но передние, расширенные концы лент соприкасаются и находятся на бугорках, образующих «площадку». На передней, самой приподнятой части площадки зубы, кроме самых передних, обычно немного крупнее, чем остальные. У особей длиной 8—10 см эта площадка вся входит в рыло, и зубы на ней приходится на перерыв в зубных лентах верхней челюсти. С ростом рыбы площадка сильнее выступает вперед. У самых крупных рыб, длиной более 30 см, чаще всего не входит в рыло как раз вся площадка, иногда лишь ее передняя половина с несколько увеличенными зубами, иногда же до конца рыла остается пространство, куда у одной аляскинской особи можно было бы вставить еще одну такую же площадку. У вашингтонских, аляскинских и командорских особей площадка выступает вперед в среднем немного больше, чем у олюторских. Однако у олюторских особей длиной более 30 см встречаются особи с площадкой, выступающей вперед настолько, что от заднего ее конца до вершины верхней губы остается свободный промежуток. Степень выступления площадки вперед до некоторой степени связана со степенью развития симфизального бугорка.

На небных костях зубы расположены длинной узкой лентой, клинообразно суживающейся сзади, закругленной на переднем конце и немного наклоненной внутрь, к середине неба.

На головке сошника зубы у особей длиной 8—10 см расположены в форме буквы V с широко расставленными концами и вершиной, направленной к концу рыла. С ростом рыбы эта вершина постепенно удлиняется и площадка начинает напоминать букву Y. К тому же вершина несколько раздается в ширину, как это обычно случается и с боко-

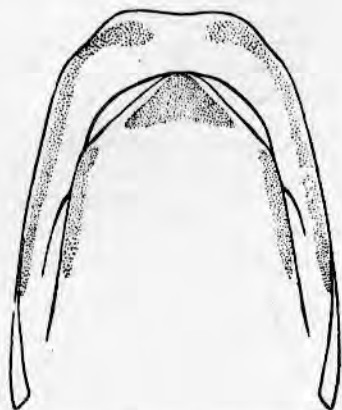


Рис. 4. Расположение зубов на верхней челюсти и небе. Самец длиной 327 мм, зал. Аляска ($59^{\circ} 13'$ с. ш., $148^{\circ} 39'$ з. д., глубина 105 м, 7 августа 1960 г.).

выми крыльями. Концы крыльев всегда отделены значительным пространством от передних концов зубных лент на небных костях. На задних краях крыльев зубы обычно немного длиннее, чем остальные.

СИМФИЗИАЛЬНЫЙ БУГОРОК

Симфизиальный бугорок у особей длиной около 8 см почти совсем не выражен. С ростом рыбы он сильно увеличивается (см. рис. 3), направлен вниз и вперед. Обычно тупой на конце, но иногда заострен. У одной командорской особи симфизиальный бугорок был снабжен крючком, направленным вниз. У олюторских особей при сходной длине тела симфизиальный бугорок обычно развит слабее, чем у командорских, аляскинских и вашингтонских, реже бывает заострен, а у крупных особей к тому же несколько меньше направлен вперед и несколько больше — вниз (рис. 5).

«ЯЗЫК»

«Язык» спереди несколько сужен и удлинен, на конце обычно слегка заострен; лишь у одной особи (самка длиной 31 см) он был без всякого удлинения тупо закруглен.

ОБОНЯТЕЛЬНЫЕ ОТВЕРСТИЯ

Заднее обонятельное отверстие лишь с легкими возвышениями по краям. Переднее отверстие примерно в полтора раза уже заднего; с задней стороны снабжено клапаном. Будучи отогнут назад, клапан обычно достает до переднего края заднего обонятельного отверстия, очень редко не достигает его, а иногда простирается немного далее вдоль внутреннего края заднего отверстия, изредка почти до верхнего его края. Различий между вашингтонскими, аляскинскими, командорскими и олюторскими особями не обнаружено.

PRAEORBITALE

Praeorbitale снизу с тремя слабо выраженными лопастями (рис. 3Б), отделенными друг от друга двумя крупными порами системы боковой линии. Эти лопасти обычно закруглены, кроме задней, которая чаще образует тупой угол снизу и сзади; у средней лопасти такой угол наблю-

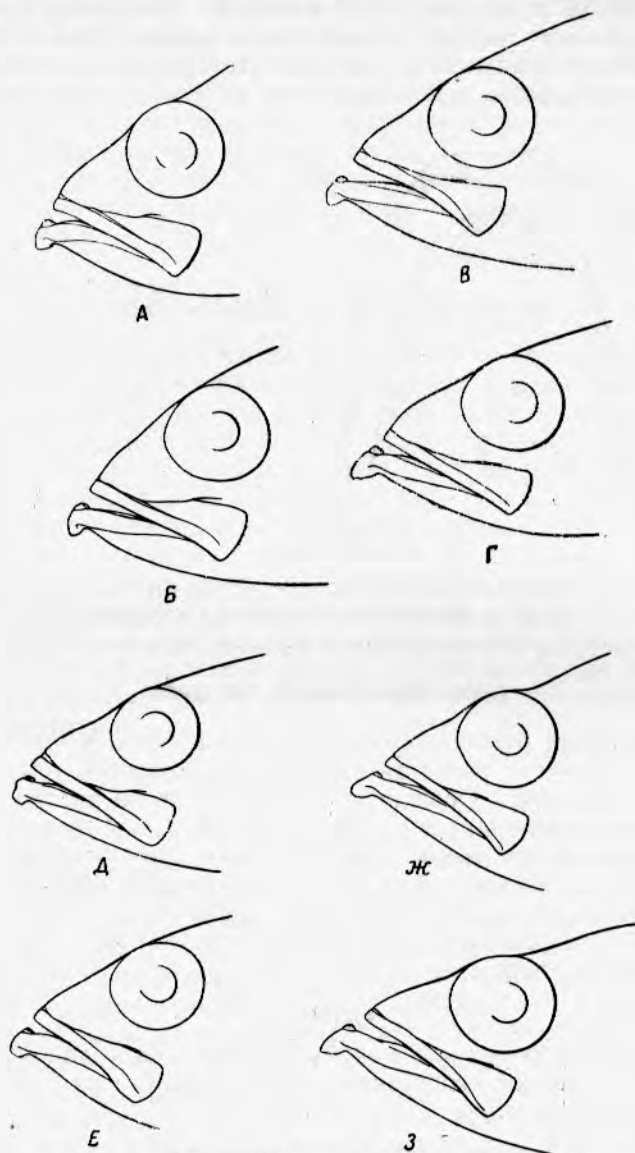


Рис. 5. Симфизальный бугорок у *Sebastodes alutus*:

А — самец длиной 286 мм, Олюторский зал. (глубина 340—380 м, 26 июня 1952 г., сборы А. П. Андрияшева); Б — самец длиной 306 мм, Берингово море вблизи пролива Унимак ($54^{\circ} 38' \text{ с. ш.}, 165^{\circ} 48' \text{ з. д.}$, сборы И. А. Паракецова); В — самка длиной 307 мм, зал Аляска ($57^{\circ} 29' \text{ с. ш.}, 150^{\circ} 26' \text{ з. д.}$, глубина 240—215 м, 15 августа 1960 г.); Г — самец длиной 291 мм, зал. Аляска ($58^{\circ} 02' \text{ с. ш.}, 149^{\circ} 40' \text{ з. д.}$, глубина 170—120 м, 15 августа 1960 г.); (В — экземпляр с наименее развитым, Г — с наиболее развитым симфизальным бугорком из 11 аляскинских особей длиной 28—31 см); Д — самец длиной 250 мм, Олюторский зал. (к юго-востоку от мыса Наварин глубина 294—268 м, 7 октября 1951 г., сборы А. П. Андрияшева); Е — самец длиной 269 мм, Олюторский зал. (с той же станции, что и предыдущий экземпляр); Ж — самец длиной 260 мм, зал. Аляска ($58^{\circ} 68' \text{ с. ш.}, 150^{\circ} 20' \text{ з. д.}$, глубина 150—200 м, 10 августа 1960 г.); З — самка длиной 285 мм, зал. Аляска ($54^{\circ} 18' \text{ с. ш.}, 160^{\circ} 30' \text{ з. д.}$, глубина 210—200 м, 22 июля 1960 г.); (Ж — экземпляр с наименее развитым, З — с наиболее развитым симфизальным бугорком из 5 аляскинских особей длиной 25—27 см).

дается (снизу) редко. На этих углах у крупных особей изредка бывает по одному очень короткому острому шипику — на средней лопасти реже, чем на задней. От округленной лопасти до хорошо выраженного шипика прослеживаются постепенные переходы. Шипики на средней и задней лопастях у олюторских особей встречались чаще, чем у аляскинских (около 7 из 17 и около 11 из 79 экз. соответственно), и в двух случаях сидели по два и по три на лопасти; у вашингтонских особей шипиков не обнаружено.

МЕЖГЛАЗНИЧНОЕ ПРОСТРАНСТВО

Межглазничное пространство плоское; у мелких особей, длиной 8—11 см, редко до 21 см, иногда слегка вогнутое, у самых крупных нередко слегка выпуклое, реже — заметно выпуклое, обычно с двумя продольными валиками, низкими и пологими; срединный валик, расположенный между ними, как правило, очень слабо выражен. У аляскинских особей, при такой же длине тела, выпуклость межглазничного пространства в среднем несколько меньше, чем у олюторских, командорских и вашингтонских, как и его относительная ширина.

ГРЕБНИ И ШИПЫ НА ГОЛОВЕ И ПЛЕЧЕВОМ ПОЯСЕ

Всегда имеется пара острых носовых шипов (см. рис. 2, *н*); их относительная величина у мелких особей больше, чем у крупных. Лишь изредка какой-либо из носовых шипов принимает форму бугорка. У других шипов, расположенных сверху головы, это случается довольно часто.

Предглазничные шипы (см. рис. 2, *пг*), сидящие примерно над передним краем зрачка, у особей длиной около 8 см развиты сравнительно сильно; расстояние между основаниями шипов заметно больше, чем межглазничное расстояние сразу же позади них. С ростом рыбы это различие постепенно сглаживается, шипы становятся более плоскими, нередко зарастают кожей до самых вершин, иногда кожа покрывает и вершины.

Надглазничные шипы (см. рис. 2, *нг*) сидят над задним краем зрачка на концах длинных гребней, ограничивающих орбиту сверху. У мелких особей эти шипы иногда крупнее заглазничных и тимпанальных или сходны с ними по величине, а с ростом рыбы отстают от заглазничных, иногда и от тимпанальных; отсутствуют (по-видимому, зарастают кожей, а иногда и обламываются) чаще этих двух пар. Заглазничные (см. рис. 2, *зг*) немного меньше убывают в относительной величине и отсутствуют реже; иногда сидят на одном сплошном гребне с надглазничными (с обеих сторон головы или с одной из них). Тимпанальные шипы (см. рис. 2, *т*) обычно мельче над- и заглазничных; иногда отсутствуют. Чем крупнее особи, тем чаще у них отсутствуют те или иные шипы; изредка отсутствуют все три пары (три особи длиной более 30 см из 19 аляскинских особей такой длины и одна из трех олюторских). Шипы всех трех пар обычно острые, с ростом рыбы постепенно становятся тоньше; вытянуты над поверхностью кожи вершиной назад, часто параллельно друг другу, но иногда под углом. К орбите ближе всего надглазничные шипы, дальше всего от орбиты — тимпанальные. У крупных особей основания этих трех пар шипов иногда имеют вид гребешка.

Затылочные шипы (см. рис. 2, *з*) сидят на задних концах затылочных гребней, направлены назад; у мелких особей они обычно хорошо заметны, тонкие и острые, у крупных особей нередко незаметны (концы гребней тупо закругляются). Примерно у 10% особей на гребнях впереди шипов, отступая от них, заметно более или менее выраженное углубление, передний край которого изредка снабжен шипом (это может наблюдаться с одной стороны головы, либо с обеих). Корональные и нухальные шипы отсутствуют у всех особей без исключения.

На *cleithrum* и *supracleithrum* обычно сидит по одному острому шипу с широким основанием, реже этот шип двойной или два шипа сидят рядом (на *cleithrum* у 2, на *supracleithrum* у 9 особей из 124). Шип на *supracleithrum* (см. рис. 3 Б, ск) обычно немного меньше по размерам, чем шип на *cleithrum* (см. рис. 3 Б, к), реже много меньше или почти такого же размера.

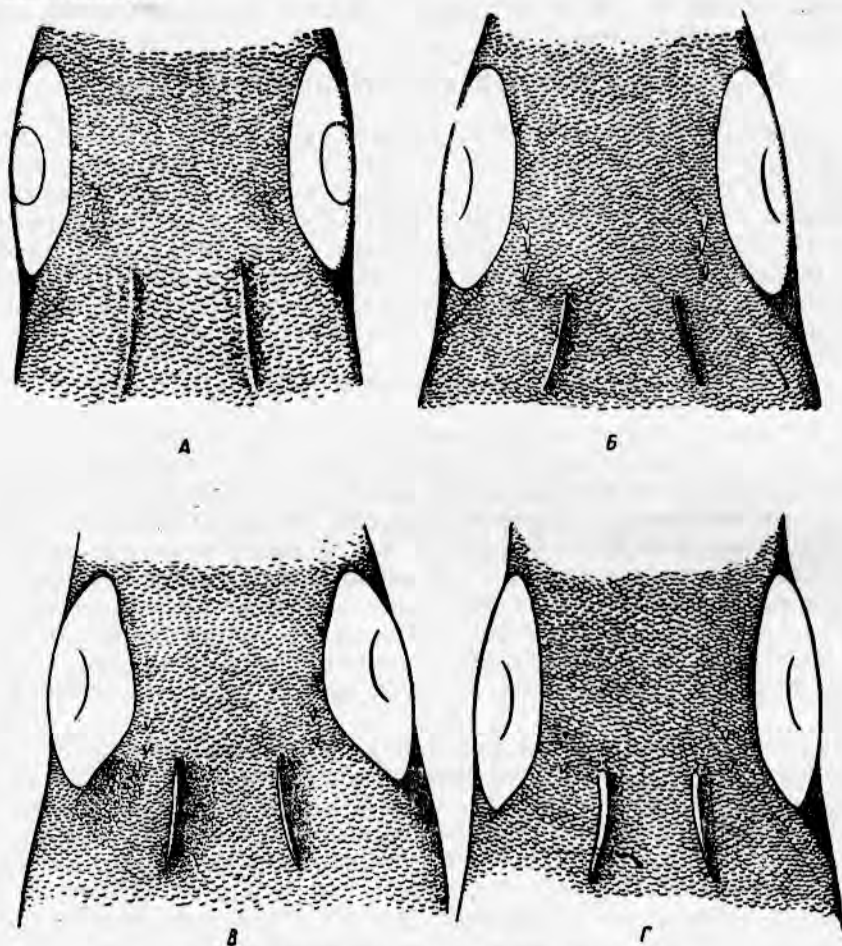


Рис. 6. Затылочные гребни *Sebastodes alutus*:

А — самец длиной 286 мм, Олюторский зал. (экземпляр тот же, что и на рис. 5 А); Б — самец длиной 291 мм, Олюторский зал. (к юго-востоку от мыса Наварин, глубина 294—268 м, 7 октября 1951 г., сборы А. П. Андрияшева); В — самка длиной 306 мм, зал. Аляска ($54^{\circ}18'$ с. ш., $160^{\circ}30'$ з. д., глубина 210—200 м, 22 июля 1960 г.); Г — самец длиной 307 мм, зал. Аляска ($59^{\circ}04'$ с. ш., $148^{\circ}39'$ з. д., глубина 210—205 м, 7 августа 1960 г.); А — экземпляр с наиболее заросшими, Б — с наименее заросшими затылочными гребнями из 8 олюторских особей длиной 25—33 см; В — экземпляр с наиболее заросшими, Г — с наименее заросшими гребнями из 42 аляскинских особей длиной 25—35 см.

На *operculum* всегда два шипа (см. рис. 3 Б, о): верхний шип обычно немного длиннее нижнего, реже значительно длиннее или такой же длины (последнее чаще встречается у мелких особей). У крупных особей это самые длинные шипы на голове. Нижний шип обычно направлен вдоль продольной оси тела, реже расположен под углом к ней, назад и вниз, очень редко — назад и немного вверх; верхний — всегда под углом, назад и вверх. У одной особи из 124 верхний шип был двойным.

На нижнем заднем углу *suboperculum* и верхнем заднем углу *intero-*

perculum обычно сидит по одному шипику (см. рис. 3 Б, и, с), часто очень мелкому и закругленному, в виде слабо заметного выступа с расширенным основанием. Иногда вместо одного бывает два, изредка три шипика или шипик с 2—3 вершинами, что чаще наблюдается на suboperculum, чем на interoperculum. На обеих костях вместе бывает не больше 4 шипиков, изредка шипиков здесь совсем нет.

На praeoperculum 5 шипов, расположенных более или менее радиально (см. рис. 3 Б, n); однако 2, изредка 3 верхних шипа иногда направлены прямо назад. Шипы от верхнего к нижнему становятся более плоскими, их основания расширяются. Самый длинный шип — обычно второй сверху, редко третий (особенно редко у крупных особей); пятый шип, самый нижний, почти всегда самый короткий. Он и соседний с ним шип иногда так сильно закругляются, что становятся непохожими на шипы, что чаще встречается среди крупных особей. У трех особей из 124 обнаружено 6 шипов на praeoperculum — у двух 2 шипа было на месте первого сверху, у третьей — на месте четвертого сверху.

Во всех перечисленных в данном разделе признаках, в характере их вариаций не обнаружено существенных различий между вашингтонскими, аляскинскими, командорскими и олюторскими особями, за исключением высоты затылочных гребней, у олюторских особей эти гребни несколько ниже и больше покрыты чешуей, чем у командорских, аляскинских и вашингтонских (рис. 6).

КОЛЮЧКИ ПЛАВНИКОВ

В спинном плавнике обычно 13 колючек, изредка 14 (у 6 особей из 280). Колючки не только наклонены, но и слегка изогнуты назад; этот изгиб у передних колючек обычно заметнее, чем у задних. У крупных особей вершины многих колючек слегка отгибаются вперед: простой изгиб сменяется легким S-образным. Самая длинная колючка — чаще всего пятая спереди. Последняя колючка почти всегда длиннее предпоследней и лишь изредка равна ей по длине.

В анальном плавнике всегда 3 колючки. Первая из них значительно короче второй и третьей. Вторая колючка всегда толще других. Будучи приложена к третьей колючке, вторая достигает ее вершины только у некоторых особей длиной до 16 см (у части из них даже простирается за вершину третьей колючки, если последнюю отвести в крайнее переднее положение), а у всех остальных не достигает в общем тем больше, чем крупнее особь. Колючки анального плавника изогнуты назад, вторая заметно сильнее, чем третья; на третьей чаще, особенно у крупных особей, появляется легкий S-образный изгиб, подобный изгибу на колючках спинного плавника. Колючка брюшного плавника всегда одна, слегка вогнута внутрь.

На всех колючках сбоку имеется узкий продольный желобок.

МЯГКИЕ ЛУЧИ ПЛАВНИКОВ

Мягкие лучи плавников ветвятся не более 4, чаще 2—3 раза. В спинном плавнике 14—17 лучей, чаще всего 15. Самый длинный луч — обычно второй спереди, реже третий. Лучи начинают ветвиться тем ближе к основанию, чем ближе они расположены к заднему краю плавника; последний луч обычно расщеплен до самого основания; то же наблюдается и в анальном плавнике.

В анальном плавнике (6) 7—9, чаще всего 8 мягких лучей. Самый длинный луч — обычно первый спереди, реже второй. Профиль плавника по концам лучей (концевой профиль) наклонен в основном назад; на передних лучах он образует с вертикалью больший угол, чем на задних, а на самом заднем луче почти всегда наклонен вперед. С ростом рыбы у большей части концевого профиля угол с вертикалью слегка

уменьшается и у некоторых крупных особей профиль становится в основном вертикальным или даже (очень редко) приобретает небольшой наклон вперед.

Хвостовой плавник слегка вильчатый, никогда не бывает усеченным. В нем насчитывается 41—43 (44) луча. Ветвистых лучей всегда 12 : 6 на эпаксиальном хуригале и 6 на верхнем типаксиальном; рассеченность этих лучей уменьшается от средних лучей к крайним.

В грудном плавнике обычно 17—19, а чаще 18 лучей. У молоди длиной около 8 см ветвление лучей только намечается; в дальнейшем оно усиливается, но самый верхний луч даже у наиболее крупных особей обычно остается неразветвленным. В нижней половине плавника чаще всего 8—9 неветвистых лучей, чуть утолщенных на концах. Самый длинный луч (последний сверху) ветвистый, или первый, чаще второй сверху — неветвистый.

В брюшном плавнике всегда 5 ветвистых лучей, самый длинный первый или второй от колючки. Нередко на правом плавнике немного длиннее второй луч, а на левом первый.

Грудные плавники простираются назад несколько дальше, чем брюшные; лишь изредка эти плавники кончаются примерно на одной вертикали (у трех особей из 124). У особей длиной около 8 см грудные плавники обычно кончаются на вертикали мочепоолового сосочка, редко заходят далее этой вертикали, а брюшные — возле переднего края ануса и лишь изредка простираются немного далее. С ростом рыбы плавники несколько укорачиваются относительно брюха: у особей длиной более 30 см грудные плавники редко, а брюшные очень редко достигают вертикали мочепоолового сосочка; те и другие обычно не достигают переднего края ануса: грудные в среднем на 5% своей длины (максимум 16%), а брюшные — на 15% своей длины (максимум 38%).

Не обнаружено существенных различий между вашингтонскими, аляскинскими, командорскими и олюторскими особями в строении и расположении колючек и лучей в плавниках, если не считать того, что у вашингтонских особей грудные и брюшные плавники простираются назад несколько далее обычного. Различия в числе колючек и лучей незначительны (табл. 1).

Таблица 1

Район	Плавники					Число особей
	спинной		анальный	левый грудной		
	колючки	мягкие лучи	мягкие лучи	все лучи	нижние неразветвленные лучи	
Олюторский зал.	13,11±0,07 13—14	15,61±0,14 15—17	8,17±0,09 8—9	17,94±0,09 17—19	8,00±0,16 7—9	18
Командорские о-ва	13,04±0,04 13—14	15,32±0,12 14—16	8,24±0,08 8—9	18,04±0,04 18—19	8,50±0,13 7—10	25
Зал. Аляска	13,01±0,01 13—14	15,05±0,03 14—17	8,00±0,03 7—9	17,94±0,03 15—19	8,18±0,09 5—9	234
Побережье штата Вашингтон	— 13	— 15—16	— 6—8	— 18	— 8—9	3
Побережье Калифорнии (по Филиппу)	? 13—(14?)	? 14—17	? 8—9	? 17—18	? 6—9	15

Примечание. В табл. 1 и 2 в верхних строчках — среднее арифметическое, в нижних — пределы колебаний.

ПОЗВОНКИ

Позвонков с уростилем обычно 27, реже 28 (у трех особей) и 26 (у одной особи из 41).

Подсчитаны у 35 аляскинских, 4 командорских и 2 олюторских особей; существенных различий между ними не обнаружено, исключая несколько большую массивность позвонков и других элементов осевого скелета у аляскинских особей по сравнению с олюторскими (в среднем при сходной длине). Вашингтонские особи не исследовались.

ТЫЧИНКИ НА ПЕРВОЙ ЖАБЕРНОЙ ДУГЕ.

На верхней части жаберной дуги (epibranchiale) чаще 11—12 тычинок, на нижней (ceratobranchiale и hypobranchiale) 25—26, а всего 36—38. Самая длинная жаберная тычинка — первая от сустава на верхней части дуги или первая (реже 2—7) от него же на нижней; последнее у крупных особей наблюдается несколько чаще, чем у мелких. Тычинки плоские, на концах уже, чем в основании; их внутренняя грань покрыта очень мелкими шипиками. У некоторых тычинок концы бывают загнуты крючком. У особей длиной примерно до 15 см внутренняя грань тычинок обычно ровная, у более крупных особей начинает намечаться легкая волнистость, а у рыб еще большей длины увеличивается число особей с хорошо выраженной волнистостью. У них на длинных тычинках нижней части дуги заметны 2—4, обычно 3 бугорка; с укорочением тычинок число бугорков уменьшается до одного в основании самых коротких тычинок. Первая от сустава тычинка на верхней части дуги обычно шире соседних и без бугорков на внутренней грани, на следующих тычинках чаще два бугорка и на самых коротких бугорков обычно нет. Лишь у 2 особей из 114 на одной-двух длинных тычинках по одному бугорку было удлинено в виде хорошо выраженного отростка, загнутого крючком вверх.

Между вашингтонскими, аляскинскими, командорскими и олюторскими особями не обнаружено существенных различий в строении и числе жаберных тычинок (табл. 2).

Таблица 2

Число жаберных тычинок на первой жаберной дуге

Район	Число тычинок			Число особей
	epibranchiale	ceratobranchiale и hypobranchiale	обе части	
Олюторский зал.	11, 17±0,07 10—12	25, 67±0,27 24—28	36, 83±0,29 35—39	18
Командорские о-ва	11, 40±0,11 10—12	24, 92±0,23 23—28	36, 36±0,27 33—40	25
Зал. Аляска	11, 65±0,07 10—13	25, 43±0,11 24—27	37, 16±0,14 34—40	77
Побережье штата Вашингтон	— 11—13	— 26	— 37—39	3
Побережье Калифорнии (по Филипу)	—	—	? 33—38	15

БОКОВАЯ ЛИНИЯ

Все поры канала боковой линии на теле открываются назад. Здесь чаще всего насчитывается 48—50 пор; кроме того, 1, редко 2 поры располагаются на хвостовом плавнике за задним краем hypuralia. С ростом рыбы относительная ширина канала в общем уменьшается. Между вашингтонскими, аляскинскими, командорскими и олюторскими особями

ми не обнаружено существенных различий в строении и числе пор (табл. 3).

Таблица 3

Число пор в боковой линии

Район	Среднее	Колебания	Число особей
Олюторский зал.	$49,00 \pm 0,36$	47—51	18
Командорские о-ва	$50,11 \pm 0,37$	48—52	25
Зал. Аляска	$49,12 \pm 0,19$	46—53	74
Побережье штата Вашингтон	—	47—50	3
Побережье Калифорнии (по Филипсу)	—	44—51	15

ПИЛОРИЧЕСКИЕ ПРИДАТКИ

Пилорических придатков 8—12, чаще 10 (у 53 особей из залива Аляска).

ИЗМЕРЕНИЯ ПРОПОРЦИИ ТЕЛА

Пропорции тела с ростом рыб изменяются и до, и после полового созревания; ход этих изменений довольно сложен. У *S. alutus* поля точек на большинстве графиков образуют изгибы, а не простираются в каком-либо одном направлении; поэтому трудно предсказать, в каком направлении они пойдут у особей более крупных, чем исследованные. Между тем, как раз такой, по-видимому, был, а большая часть калифорнийских особей, измеренных Филипсом: их длина колебалась от 33 до 45 см. В силу указанных причин цель, ради которой были проведены промеры по схеме Филипса, — выявление отличий. *S. alutus* из северных частей ареала от калифорнийских *S. alutus* — оказалась недостижимой.

АНАЛИЗ ВНУТРИВИДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Исследованные особи *Sebastodes alutus* из района Командорских о-вов, заливов Олюторского и Аляска и с побережья штата Вашингтон принадлежат к одному и тому же виду: перерывы изменчивости, хиатусы между указанными группами не встречены ни в одном из признаков. Не обнаруживаются они и при сравнении полученных данных с описаниями калифорнийских особей [18, 28]. Увеличение количества исследованных особей по сравнению с прежними наблюдениями расширило установленные ранее пределы внутривидовой изменчивости довольно многих признаков, в том числе и основных, внесенных в определенные таблицы [7, 10, 28]. Оказалось, что даже такой хорошо очерченный вид, как *S. alutus*, не так уж редко выходит за рамки принятого стандарта. Так, обнаруживаются особи *S. alutus* с 14 колючками в спинном плавнике, что характерно, в частности, для *S. polyspinis*, который ловится в зал. Аляска вместе с *S. alutus*. Надглазничные шипы у крупных особей *S. alutus* нередко отсутствуют; некоторые *S. alutus*, включая и взрослых, несут на затылочных гребнях по два мелких шипа: задние шипы легко посчитать за нухальные. У мелких *S. alutus* межглазничное пространство иногда бывает вогнутым и т. д. Для того чтобы достигнуть точного определения каждой особи, необходимы подробные описания внутривидовой изменчивости морфологических признаков, основанные на обширном материале, прежде всего у видов, важных для промысла, и у близких к ним по строению. Описания следует дополнять возможно большим количеством рисунков. Общепринятый метод промеров очень схемати-

чен [2] и нередко не позволяет выявить перерывов в изменчивости даже в тех случаях, когда эти перерывы хорошо выражены.

Вид *Sebastes (Acutomentum) paucispinosus* Matsubara, подробно описанный по экземпляру длиной 32,4 см, пойманному на большой глубине вблизи Хукушима (тихоокеанское побережье Хонсю) [26], вполне соответствует *Sebastes alutus* (Gilbert) по всем визуальным и счетным признакам, за исключением двух: отсутствия дополнительных чешуй на теле *Sebastes paucispinosus* и слияния двух пятен под колючками спинного плавника в одно сплошное пятно. Однако дополнительные чешуйки на теле *Sebastes alutus*, когда их мало, обнаруживаются с трудом и легко могут быть пропущены; более того, данному отличию, учитывая значительные вариации в числе таких чешуек у *S. alutus* из одного и того же района, вряд ли можно придавать какое-либо таксономическое значение, как и слиянию пятен под колючками спинного плавника. Все измерения пропорций тела *Sebastes paucispinosus*, аналогичные измерениям *Sebastes alutus*, произведенным мною на массовом материале, не выходят за пределы их изменчивости у последнего вида. Из остальных измерений *Sebastes paucispinosus* лишь длина предпоследней и последней колючек спинного плавника заметно отличает его от олюторского *Sebastes alutus*, сходного по размерам, однако относительная длина этих колючек у *S. alutus* сильно варьирует: как отмечалось выше, они иногда бывают даже равными по длине.

Пластические признаки *Sebastes paucispinosus*
и олюторского *Sebastes alutus*

	<i>Sebastes paucispinosus</i>	<i>Sebastes alutus</i>
Длина, см	32,4	32,6
Расстояние V — A:		
в стандартной длине	3,49	3,46
в длине головы		
заглазничное расстояние . . .	2,09	2,16
предпоследняя колючка D . . .	4,55	5,61
последняя колючка D	4,13	3,86
в диаметре орбиты		
самый длинный жаберный		
лепесток	2,73	2,60
расстояние между передними		
концами верхней и ниж-		
ней губ	Меньше 3,00	2,94
длина симфизального бу-		
горка	Чуть меньше 4,00	4,00
Диаметр передней ноздри		
в диаметре задней	1,36	1,43

Вид *Sebastes (Acutomentum) paucispinosus* Matsubara следует включить в синонимию вида *Sebastes alutus* (Gilbert), однако название *paucispinosus* целесообразно сохранить в качестве подвидового, как это будет видно из дальнейшего.

При сравнении особей *S. alutus* из разных частей ареала следует отдать предпочтение различиям в форме тела, улавливаемым на глаз, а не относительным линейным размерам частей тела, упрощенно передающим особенность формы. Два визуальных признака заметнее всего отличаются олюторских особей от аляскинских: более низкие и больше покрытые чешуей затылочные гребни (рис. 6 А, Б) и при сходной длине тела менее развитый, обычно несколько заметнее направленный вниз и более округлый симфизальный бугорок (см. рис. 5). *S. alutus* длиной 30,6 см, добытый И. А. Паракецовым в Беринговом море недалеко от пролива Унимак (54° 30'—54° 45' с. ш., 165° 36'—166° 00' з. д.), по данным признакам близок к олюторским, а не аляскинским особям. Гильберт [19]

не обратил внимания на указанные признаки, однако если об этом судить по некоторым измерениям (высота тела в стандартной длине, длина самой длинной колючки спинного плавника в длине головы), исследованные им экземпляры длиной 30—46 см были близки к олюторским, а не к аляскинским особям. Сборы *S. alutus* были произведены Гильбертом в Бристольском зал. к северу от о. Уналашка, в проливе Уникак и в зал. Аляска, но в последующие годы, ссылаясь на эту статью, Джордан и Гильберт [22] зал. Аляска не указывают. Очевидно, в распоряжении Гильберта не было взрослых особей *S. alutus* из зал. Аляска (как и с побережья Калифорнии), а поэтому не удивительно, что признаки, отличающие их от берингоморских *S. alutus*, остались незамеченными. Наконец, *Sebastes paucispinosus* отличается очень низкими затылочными гребнями, сплошь покрытыми чешуей, т. е., признаком, характерным для олюторских *Sebastes alutus*, но выраженным еще резче; к сожалению, Матсубара не приводит рисунок исследованного им экземпляра и о форме симфизияльного бугорка в данном случае ничего нельзя сказать.

У командорских, аляскинских, вашингтонских и, очевидно, калифорнийских особей затылочные гребни несколько выше и меньше покрыты чешуей (рис. 6 В, Г), симфизияльный бугорок при сходной длине тела развит сильнее и больше направлен вперед, чем у *S. alutus* из районов, названных в предыдущем абзаце (см. рис. 5).

На основании вышеизложенного вид *Sebastes alutus* можно предварительно разбить на два подвида: американский, *S. a. alutus*, распространенный, по-видимому, от Калифорнии до зал. Аляска и вдоль Алеутской гряды до Командорских о-вов включительно, и азиатский, *S. a. paucispinosus*, ареал которого, очевидно, простирается от тихоокеанского побережья о. Хонсю до Олюторского зал. и далее по берингоморскому свалу, возможно, до Бристольского зал. Их ареалы соприкасаются, очевидно, в районе Алеутских и Командорских о-вов.

Аляскинские *S. alutus* при длине тела более 23 см довольно заметно отличаются от *S. alutus* из других частей ареала малой высотой тела; эта их особенность, надо полагать, достаточно устойчива, как отмечалось и ранее [17]. Не исключена возможность, что аляскинские особи близки к командорским больше, чем к вашингтонским и калифорнийским, и что две эти группы, северная и южная, представляют собой особые племена; однако материал для такого заключения пока недостаточен и по количеству, и по качеству. Сравнивая пропорции тела рыб, мы всегда должны помнить, что обособленное изучение размерной и индивидуальной изменчивости, по существу, еще не проводилось никем: неизвестно, как изменяются эти пропорции с возрастом, ростом, упитанностью у каждой особи в отдельности; как индивидуальные различия в указанных изменениях пропорций связаны с выживаемостью особей, их распределением, с успешностью их вылова тралом. Поэтому даже подробный анализ пластических признаков, охватывающий большое число особей самых различных размеров, но произведенный однократно, еще не позволяет отделить стойкие, прочно наследуемые, необратимые различия от временных, обратимых.

Реальность подвидов *S. alutus* может быть проверена только путем длительных наблюдений над устойчивостью вполне определенных отличительных признаков (указанных выше или обнаруженных в процессе дальнейших исследований) у большого числа особей в каком-либо одном районе, а также в разных районах с возможно более полным охватом ареала. Естественно, подобная работа под силу только большим коллективам.

Разработка внутривидовой систематики — а в таких группах рыб, как морские окуни, и видовой — должна стать насущной необходимостью для научно-исследовательских институтов, занимающихся промысловой

ихтиологией. Основные отличительные признаки, главным образом морфологические, должны войти в карточки полевых анализов, поскольку от этого непосредственно зависит точность изучения образа жизни рыб, их распространения и распределения. Необходима также фиксация типичных экземпляров при каждом анализе и проверка полевых определений этих экземпляров специалистами по данной группе рыб. Такого рода мероприятия, несомненно, дали бы хороший толчок и теории и практике ихтиологических исследований.

Понятно, что следует использовать каждый случай, помогающий выяснить конкретные связи между морфологическими особенностями данной группы рыб и ее образом жизни.

Определительная таблица подвидов *Sebastes alutus*:

1. Затылочные гребни меньше покрыты чешуей, чем у последующего подвида (рис. 6 В, Г), симфизальный бугорок при сходной длине тела развит сильнее (см. рис. 5). В зал. Аляска высота тела у начала брюшных плавников у большей части особей* длиной 17—36 см содержится более 3,2 раза в стандартной длине, чаще 3,3—3,6 раза.

... 1. *Sebastes alutus alutus* (Gilbert).

2. Затылочные гребни больше покрыты чешуей (рис. 6 А, Б), симфизальный бугорок при сходной длине тела развит слабее (см. рис. 5). Высота тела у начала брюшных плавников у большей части особей** длиной 17—35 см содержится менее 3,2 раза в стандартной длине, чаще 3—3,1 раза.

... 2. *Sebastes alutus paucispinosus* (Matsubara).

1. *Sebastes alutus alutus* (Gilbert, 1890)

Sebastichthys alutus Gilbert, 1890 (1891): 76 (1 экз. длиной около 16 см; Калифорния, к югу от о. Санта Круз; глубина 278 м). — *Acutomentum alutus* Eigenmann a. Beason, 1893: 669 (по типовому экз. Гильберта). — *Acutomentum alutum* Eigenmann a. Beason, 1894: 385 (по типовому экз. Гильберта). — *Sebastes alutus* Eigenmann and Eigenmann 1892:354 (по типовому экз. Гильберта), Cramer 1895:594 (по Гильберту); Evermann and Goldsborough 1907:283—284 (частью: о. Санта Барбара, зал. Аляска); Schultz, 1936:166 (побережье Вашингтона и Орегона); Clemens and Wilbi, 1946:215, fig. 149 (Британская Колумбия, морфология, окраска; длина до 38 см; часто пожирается палтусом); Alverson and Velandier, 1952:140, 142 (побережье Вашингтона; часто ловится вместе с *S. crameri* и *S. diploproa*); Phillips, 1957:24, 26, 78, 139, 148—151, fig. 28 (Калифорния; морфология, окраска); Alverson and Westrheim, 1959:1—15,2 figs. (близок к *S. saxicola*; уловы по глубинам и времени суток; окраска пелагической молодежи; переход к придонной жизни на 2—3 году; темп роста и смертности; плодовитость; паразиты).

Распространение, биология: Gilbert and Burke, 1910:36 (окрестности о. Ату, Командорское плато на глубинах 102—250 м); — Powell and Hildebrand, U. S. Interior, Fish and Wildlife Serv., Fish Leaflet 376, 1950 (молодь длиной 2—5 см в желудке альбадора; цит. по Alverson and Westrheim, 1959); Anonimous, 1951 (лучшая сохранность мороженого филе, чем у *Sebastes marinus*, *Sebastes paucispinis* и *Sebastolobus*);

* По нашим материалам, 92% особей от общего числа аляскинских особей *S. a. alutus* такой длины (72 экз.).

** По нашим материалам, 93% от общего числа особей *S. a. paucispinosus* такой длины (14). Высота тела у начала брюшных плавников у экземпляров, приведенных на рис. 3, характерна для особей данных размеров и подвидов, т. е. близка к средней арифметической и к моде; у *S. a. alutus* (рис. 3 Д) она укладывается 3,42 раза в стандартной длине (составляет 29,2% стандартной длины), у *S. a. paucispinosus* (рис. 3 Г) 3,05 раза (32,4%); из рисунка видно, что различие такого масштаба прекрасно улавливается на глаз. *S. a. alutus* из южных частей ареала по высоте тела, очевидно, сходен с *S. a. paucispinosus*.

Alverson, 1951:1—16 (характеристика мест лова возле пролива Хуан-де-Фука; преобладает в уловах на глубинах 185—361 м); Powell and oth., U. S. Dep. Interior, Fish and Wildlife Serv., Fish Leaflet 402, 1952 (молодь длиной 2—3 см в желудках альбакоров; цит. по Alverson and Westrheim, 1959); Alverson, Washington State Dep. Fisher., Fisher. Res. Rap. I, 1, 1953:22—24 (сроки вылупления личинок; цит. по Alverson and Westrheim, 1959); Alverson and Powell, Pacific Fisherman, 53, 11, 1955:25—29, 53, 12, 1955: 26—27 (предположение о батипелагической жизни; цит. по Alverson and Westrheim, 1959); Wilkes, The Parasitic copepods of the long-jawed rockfish, *Sebastes alutus* (Gilbert), M. S. Thesis, Oregon State College (паразитические копеподы; цит. по Alverson and Westrheim, 1959); Greenwood, 1958:9—21 (характеристика мест лова к северу от о-вов Королевы Шарлотты; преобладает в уловах морских окуней); Iverson, 1958:22—24 (по вкусу лучше других *Sebastes*; сроки сохранности мороженого филе и содержание в нем протеина, жира, влаги, золы); Phillips, 1958:7—25 (основной промысловый вид *Sebastes* на побережье Вашингтона и Орегона; на побережье Аляски используется слабо; истории развития американского промысла *Sebastes*); Любимова, 1961:27—30, 4 рис. (места лова в зал. Аляска, распределение по глубинам; длина при половом созревании); Liston, Chapel and Stern, 1961 (Вашингтон; по срокам сохранности мороженого филе не превосходит *S. melanops*, а свежий по вкусу уступает *S. pinniger*); Liston, Peters and Stern, 1961 (Вашингтон, Орегон; зараженность паразитами возрастает от южных районов к северным).

Характерные признаки подвида даны в определительной таблице, а предполагаемый ареал — при анализе внутривидовой изменчивости.

Обычен вдоль внешнего края материковой отмели и верхней части свала в подводных ложбинах, каньонах и прочих углублениях, а также поблизости от них, на каменистом грунте, часто с зарослями «аляскинского коралла» (*Borganaria* sp.). Молодь длиной 2—5 см держится в поверхностных слоях воды (по крайней мере днем). Экземпляры такой длины (некоторые из них были живыми) встречены летом в желудках альбакоров, пойманных в нескольких сотнях миль от берегов Вашингтона и Орегона; окраска у этих мельков пелагическая — спина зеленовато-синяя, бока серебристые, на щеках пятно темно-пурпурного цвета. Переходят к придонному образу жизни, по-видимому, в возрасте двух-трех лет. По мере роста рыб места обитания сдвигаются на большие глубины (крупные особи встречены на глубинах до 555 м); зимой держатся на больших глубинах, чем летом. Предположение о батипелагической жизни взрослых особей в последнее время ставится под сомнение.

Созревает в зал. Аляска при длине тела около 28—30 см (до конца средних лучей хвостового плавника). Плодовитость самок при стандартной длине 32,4 см (7 лет) — 32 400 икринок, а при длине 43,6 см — 305 200 икринок. Вымет молоди у побережья Вашингтона и Орегона происходит с октября по март, с максимумом в январе — феврале; в феврале — марте самки менее доступны для вылова, и в уловах преобладают самцы.

Кольца на чешуе образуются зимой. Темп роста очень низок, особенно после 10 лет. Максимальный возраст — 30 лет. Темп естественной смертности — около 32% в год.

Преобладает в уловах морских окуней вдоль всего тихоокеанского побережья Северной Америки от зал. Аляска до штатов Вашингтон и Орегон, и только у берегов штата Калифорния уступает первенство другим видам *Sebastes* (в южных частях штата в промысловых количествах не ловится). Банки у северной оконечности о-ва Ванкувер считаются самыми продуктивными. По словам рыбаков, уловы бывают наилучшими при восходе солнца и остаются хорошими до вечера.

Вкус мяса и сохранность мороженого филе, по мнению некоторых

авторов, лучше, чем у других промысловых видов *Sebastes*, а также *Sebastolobus* и *Sebastes*; филе содержит в среднем 17,6% протеина, 1,32 жира, 79 воды и 1,17% сухого остатка (27/VI-1957 г., западное побережье о. Принца Уэльского).

2. *Sebastes alutus paucispinosus* (Matsubara, 1943).

Sebastes alutus Gilbert, 1896:408—409 (частью; описание дано, очевидно, по особям из Берингова моря); Jordan and Gilbert, 1899:445 (ссылка на предыдущую работу Гильберта, но места сбора ограничены Беринговым морем, зал. Аляска не указан); Андрияшев, 1937:300 (два молодых экземпляра из окрестностей мыса Олюторского) — *Sebastes (Acutomentum) paucispinosus* Matsubara, 1943:216—217 (описание самца длиной 324 мм, пойманного на большой глубине близ Хукушима); — Matsubara, 1955:1075 (по тому же самому экземпляру).

Распространение, биология. Полутов, 1960:29 (возле побережья Камчатки); Лестев, 1961:49—52; 1961a:1—26 Берингоморский свал; распределение по глубинам, поведение косяков); Моисеев и Паракецов, 1961:39—45 (частью: исключая абзац о работах СРТ «Аметист»; в Беринговом море составляет 95% уловов, история советских исследований, распределение взрослых рыб и молоди на берингоморском свале и прилегающих районах, уловы, питание, вымет личинок, созревание, темп роста); Паракецов. О биологии *Sebastes alutus* Берингова моря 1963.

Характерные признаки подвида даны в определительной таблице, предполагаемый ареал — при анализе внутривидовой изменчивости, а биология — в работах П. А. Моисеева, И. А. Паракецова и А. В. Лестева, цитированных выше. Биология изучалась в основном на берингоморском свале и в соседних с ним районах; для более южных районов (восточное побережье Камчатки и др.) сведений нет, поэтому сравнение с предыдущим подвидом, образ жизни которого наблюдался в основном у берегов Вашингтона и Орегона, затруднительно. В биологии обоих подвидов, судя по всему, много общих черт; для надлежащего установления различий необходим более полный охват наблюдениями ареалов каждого из них.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вид *Sebastes (Acutomentum) paucispinosus* Matsubara, судя по всему, следует считать азиатским подвидом *Sebastes alutus* — *S. a. paucispinosus* Matsubara. Ареал подвида простирается, по-видимому, от тихоокеанского побережья о. Хонсю до Олюторского зал. и по берингоморскому свалу до Бристольского зал. Американский подвид *S. a. alutus* Gilbert, очевидно, распространен от побережья Калифорнии до зал. Аляска вдоль Алеутской гряды до Командорских о-вов включительно. Этот вывод требует проверки путем длительных и обширных наблюдений над отличительными признаками подвидов.

Пропорции тела *Sebastes alutus* изменяются по мере увеличения размеров рыб и до, и после полового созревания. У особей из разных участков ареала характер указанных изменений несколько различен, однако неизвестно, насколько сильно зависит эта изменчивость от упитанности и темпа роста рыб, а тем более, как она связана с их выживаемостью, распределением и успешностью вылова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрияшев А. П. К познанию ихтиофауны Берингова и Чукотского морей. Иссл. морей СССР, 25, 1937.
2. Барсуков В. В. Сем. зубаток (Anarhichadidae). Фауна СССР. Рыбы. V, 5, 1959.
3. Лестев А. В. Об особенностях тралового лова окуня в Беринговом море. «Рыбное хозяйство» № 9, 1961.
4. Лестев А. В. Траловый лов окуня в Беринговом море. М., 1961.

5. Любимова Т. Г. О морском окуне залива Аляска. «Рыбное хозяйство» № 9, 1961.
6. Моисеев П. А. К познанию семейства Scorpaenidae дальневосточных морей. Иссл. морей СССР, 23, 1937.
7. Моисеев П. А. и Паракецов И. А. Некоторые данные об экологии морских ершей (сем. Scorpaenidae) северной части Тихого океана. Вопросы ихтиологии, I 1 (28), 1961.
8. Полутов И. А. Морские промысловые рыбы Камчатки. М., 1960.
9. Alverson D. L. Deep-water trawling survey off the coast of Washington (August 27—October 19). Comm. Fish. Rev., 13, 11, 1951.
10. Alverson D. L. and Velander A. D. Notes on the Scorpaenid fishes of Washington and adjacent areas, with a key for their identification. Copeia, 3, 1952.
11. Alverson D. L. and Westrheim L. J. A review of the taxonomy and biology of the Pacific Ocean perch and its biology. Intern. Comm. Northwest Atl. Fisher., ser. 679, contr. A—3, 1959.
12. Anonymous. Palatability and cold storage life of various species of rockfish. Comm. Fish. Rev., 13, 4, 1951.
13. Clemens W. A. and G. V. Wilbi. Fishes of the Pacific coast of Canada. Fisher. Res. Board Canada, Bull. LXVIII, 1946.
14. Cramer F. On the cranial characters of the genus Sebastodes (rock-fish). Stanf. Univ. Publ., Contr. Biol. Hopkins Seaside Lab., 11, 1895.
15. Eigenmann C. H. and C. H. Beeson. Preliminary note on the relationship of the species usually united under the generic name Sebastodes. Amer. Nat., XXXII, 1893.
16. Eigenmann C. H. and C. H. Beeson. A revision of the fishes of the Pacific coast of America north of Cerros Island. Ann. New York Acad. Sci., VI, 1894.
17. Evermann B. V. and E. L. Goldsborough. The fishes of Alaska. Bull. Bureau Fisher., XXXVI, (1906), 1907.
18. Gilbert C. H. Scientific results of explorations by the U. S. Fish. Commission steamer Albatross. No XII. A preliminary report on the fishes collected by the steamer Albatross on the Pacific Coast of North America during the year 1889, with description of twelve new genera and ninety-two new species. Proc. U. S. Nat. Mus., XIII, 1891.
19. Gilbert C. H. The ichthyological collections of the U. S. Fish. Commission steamer Albatross during the years 1890 and 1891. Rep. U. S. Comm. Fish. and Fisher. for 1893, 1896.
20. Gilbert C. H. and C. V. Burke. Fishes from Bering Sea and Kamchatka. Bull. Bureau Fisher. (1812), XXX, 754, 1910.
21. Greenwood M. R. Bottom trawling exploration off Southeastern Alaska, 1956—1957. Comm. Fish. Rev., 20, 12, 1958.
22. Jordan D. S. and C. H. Gilbert. The fishes of Bering Sea. In: The fur seals and fur seals islands of North Pacific Ocean, pt. 3, 1899.
23. Iverson J. L. Pacific Ocean perch—proximate composition. Comm. Fish. Rev., 20, 12, 1958.
24. Liston J., J. G. Chapel and J. A. Stern. The spoilage of Pacific Coast rockfish. I. Spoilage in ice storage. Food Technology, XV, 1, 1961.
25. Liston J. J. Peters and J. A. Stern. Parasites in summercaught Pacific Rockfishes. Special Scientific Report, Fisher., № 352, 1961.
26. Matsubara K. Studies on the Scorpaenid fishes of Japan. Anatomy, phylogeny and taxonomy. Trans. Sigenkagaku Kenkyusyo, 1, 2, 1943.
27. Matsubara K. Fish morphology and hierarchy, II. Tokyo, 1955.
28. Phillips J. B. A review of the rockfishes of California (family Scorpaenidae). Fish Bull., 104, California, 1957.
29. Phillips J. B. Rockfish review. Fish Bull., 105, California, 1958.
30. Schultz L. P. Keys to the fishes of Washington, Oregon and closely adjoining regions. Univ. Washington Publ., Biol., 2, 4, 1936.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ
к книге «Советские рыбохозяйственные исследования
в северо-восточной части Тихого океана»

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
56	14 снизу	условная вертикальной стенки	условная вертикальная стенка
60	19 снизу	исключениям	искажениям
83	7 сверху	к северо-восточной	к северо-западной
83	8 сверху	на юго-западе	на юго-востоке
113	22 снизу	14 мм	14 м
175	Подпись под рис. 4	А — возраст 9 +; Б — возраст 3 +	А — возраст 3 +; Б — возраст 9 +
176	Подпись под рис. 5, 10 сверху	в — зависимости	б — зависимости
191	Таблица 10, 3 снизу	10	100
196	Подпись под рис. 10	а — июнь — сентябрь	а — июнь — сентябрь 1957 г.
244	13 сверху	или первый, чаще второй	или первый, реже второй
246	29 снизу	по-видимому, был, а большая часть	по-видимому, была большая часть

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

597.21(265/266)

О МОРСКОМ ПЕРИОДЕ ЖИЗНИ ТИХООКЕАНСКОЙ ТРЕХЗУБОЙ МИНОГИ — ENTOSPHEUS TRIDENTATUS (RICHARDSON)

В. А. Абакумов

ВНИРО

Во время Беринговоморской экспедиции на многих рыбах, добываемых с глубин 300—500 м, были обнаружены характерные язвы, природа которых долго оставалась непонятной. В конце концов удалось установить, что это следы нападения тихоокеанской трехзубой миноги.

Тихоокеанская трехзубая минога — *Entosphenus tridentatus* (Richardson) — один из наименее изученных видов семейства Petromyzonidae. В отечественной литературе есть лишь одна работа А. А. Световидовой [4], посвященная изучению этого вида. А. А. Световидова приводит описание единственного экземпляра тихоокеанской трехзубой миноги, найденного в желудке кашалота *Physeter catodon*, добытого в 1947 г. в районе Командорских о-вов.

В августе — октябре 1958 г. во время траловых работ на рыболовном траулере «Огонь» в центральной части Берингова моря на рыбах, добываемых с глубин 300—500 м, были обнаружены следы присосок миног. Некоторые из них представляли собой более или менее глубокие раны с рваными краями, другие — отпечатки ротовой воронки и расположенных на ней зубов. По последним можно было установить, что следы присосок принадлежали тихоокеанской трехзубой миноге.

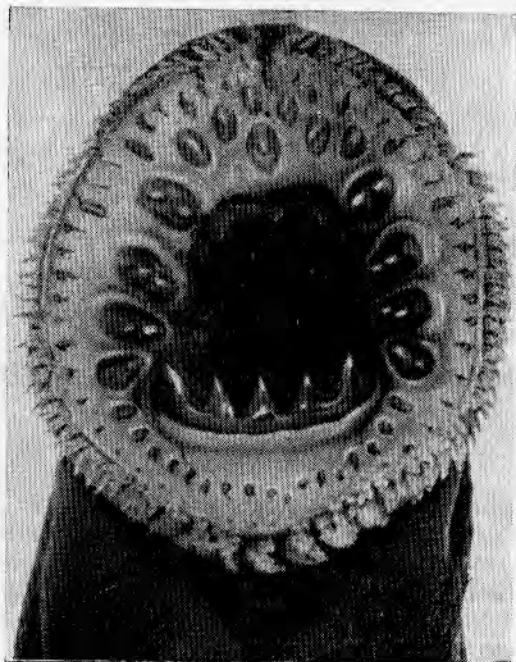
15 сентября удалось поднять на борт судна с глубины 380 м одну из них. Остальные миноги успевали уходить из трала во время его подъема, так как величина ячеек в кутке трала была достаточно велика.

Добытый экземпляр оказался самкой на II—III стадии зрелости, 660 мм длины. Второй экземпляр тихоокеанской трехзубой миноги был добыт во время траловых работ на рыболовном траулере «Пелагида» в зал. Аляска на глубине 300—338 м*. Общая длина этого экземпляра была 578 мм. По диагностическим признакам два исследованных мною экземпляра несколько отличались от исследованного А. А. Световидовой; ниже приводится их описание.

* Пользуясь случаем, приношу глубокую благодарность Т. Г. Любимовой за переданный мне редкий экземпляр.

Зубы острые, светло-желтого цвета. Верхнечелюстная пластинка* несет три зуба; крайние значительно крупнее среднего, их вершины слегка наклонены в сторону ротового отверстия. На нижнечелюстной пластинке пять зубов, крайние крупнее средних, не двураздельные.

Между верхнечелюстной и нижнечелюстной пластинками располагаются восемь боковых челюстных пластинок, по четыре с каждой стороны ротового отверстия. Верхняя и нижняя из них несут по два зуба: на верхней — зубы одинаковой величины, на нижней — первый (ближний к ро-



Ротовая воронка *Entosphenus Tridentatus*.

товому отверстию) крупнее второго (дальнего). Две средние пластинки несут по три зуба приблизительно одинаковых размеров. Вершины всех зубов на боковых челюстных пластинках слегка обращены в сторону, противоположную ротовому отверстию.

Нижнегубных зубов — 17. Крайние из них двураздельные; непосредственно следующие за ними — более крупные, чем последующие. Верхнегубных зубов — 10. Самый крупный располагается над средним зубом верхнечелюстной пластинки. Верхнегубные зубы, расположенные над ним, мельче тех, которые расположены по бокам от него. Вершины верхнегубных зубов обращены в сторону ротового отверстия. Краевых зубов — 54.

Окраска спины темно-коричневая с золотистым отблеском, по направлению к брюшку светлеет и переходит в серебристую. Плавники темно-коричневые.

Пластические признаки исследованных экземпляров характеризуются следующими цифрами (в % от всей длины тела): расстояние от конца рыла до последнего жаберного отверстия — 20,2—20,4; расстояние от конца рыла до первого жаберного отверстия — 10,2—10,4; длина рыла — 6,6—6,7; расстояние между глазом и первым жаберным отверстием —

* Объяснение терминологии, применяемой в систематике миног, дано в нашей предыдущей работе [1].

2,9—3; диаметр глаза — 1,1—1,2; расстояние от первого жаберного отверстия до последнего жаберного отверстия — 10,3—10,4; высота головы — 4,4—4,5; ширина лба — 3,6—3,7; диаметр диска ротовой воронки — 3,9—4,2; наибольшая высота тела — 7—7,2; наибольший обхват тела — 16,6—16,9; антедорсальное расстояние — 51,1—51,5; расстояние от последнего жаберного отверстия до конца хвостового плавника — 79,8—80,3; антеанальное расстояние — 73,8—74,2; расстояние от анального отверстия до конца хвостового плавника — 26,2—26,4; расстояние между спинными плавниками — 51,5—52; длина основания первого спинного плавника — 14,5—14,8; длина основания второго спинного плавника — 23,1—23,5; длина спинной части хвостового плавника — 6,8—7; наибольшая высота первого спинного плавника — 1,2—1,5; наибольшая высота второго спинного плавника — 2,9—3,3. В % от расстояния от конца рыла до последнего жаберного отверстия: расстояние от конца рыла до первого жаберного отверстия — 50,4—50,6; длина рыла — 33,1—33,2; расстояние между глазом и первым жаберным отверстием — 14,3—14,1; диаметр глаза — 5—5,2; расстояние от первого жаберного отверстия до последнего жаберного отверстия — 50,8—51,1; высота головы — 21,8—21,9; ширина лба — 18—18,1; диаметр диска ротовой воронки — 19,5—19,9.

В кишечнике пойманных миног были обнаружены мускульные волокна и кровь. Индекс наполнения кишечника экземпляра, добытого в центральной части Берингова моря, был равен 101‰. У 22 тихоокеанских миног — *Lampetra japonica japonica* (Martens), добытых у северо-западного побережья Сахалина и исследованных Г. В. Никольским [3], индекс наполнения кишечника в период интенсивного питания колебался от 13 до 140‰.

Следы присосок тихоокеанской трехзубой миноги были обнаружены на следующих рыбах: черном палтусе — *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae* Jordan et Snyder, стрелозубом американским палтусе — *Atheresthes stomias* (Jordan et Gilbert), стрелозубом азиатском палтусе — *Atheresthes evermanni* (Jordan et Starks), угольной рыбе — *Anoplopoma fimbria* (Pallas). Наиболее часто следы присосок тихоокеанской трехзубой миноги встречались на черном палтусе. В некоторых траловых уловах до 55% черных палтусов несли на себе следы нападения миног. К палтусам миноги присасываются, как правило, со слепой стороны тела, в области парных плавников и жаберной крышки. Некоторые рыбы сохранили на своем теле следы трех-четырех присосок. Канадские исследователи [5] отмечают случаи массового нападения тихоокеанской трехзубой миноги на лососей, принадлежащих к родам *Salmo* и *Oncorhynchus*. Т. Г. Любимова наблюдала следы присосок тихоокеанской трехзубой миноги на *Sebastes introniger* (Gilbert).

Наличие следов присосок миноги на рыбах, вылавливаемых с глубин 300—500 м, указывает на то, что миноги в море обитают на больших глубинах. О том же свидетельствуют и случаи обнаружения миног совместно с *Macruridae* в желудке кашалотов [6]. Исследования Е. И. Бетешевой, И. И. Акимовской [2] и других ученых показали, что кашалоты добывают пищу в основном на больших глубинах, ныряя на 300—400 м и глубже.

Таким образом, миногам, возвращающимся в реки, приходится вновь приспосабливаться не только к пресной воде, но и к значительно меньшему давлению воды, чем то, которому они подвергались в период жизни в море на больших глубинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов В. А. К систематике и экологии дальневосточной ручьевой миноги из бассейна Амура. Вопросы ихтиологии. Вып. 15, 1960.
2. Бетешева Е. И. и Акимовская И. И. Питание кашалота (*Physeter catodon* L.) в районе вод Курильской гряды. Тр. Ин-та океанол. Т. XVIII, 1955.

3. Никольский Г. В. Некоторые данные о морском периоде жизни тихоокеанской миноги (*Lampetra japonica* Martens). «Зоол. журн.», Т. XXXV. Вып. 4, 1956.
 4. Световидова А. А. О нахождении тихоокеанской миноги *Entosphenus tridentatus* (Gairdner) в советской части Берингова моря. ДАН СССР. Т. 61, 1, 1948.
 5. Clemens W. A. and Wilby G. V. Fishes of the Pacific Coast of Canada. Bull. Fish. Research Board Canada, № LXVIII, Ottawa, 1946.
 6. Pike G. C. What the whales eat? Pacific Biological Station. Canadian Fisherman. September, 1950.
-

Том XLIX	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1964
Том LI	Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО)	

637.56 : 597.587 : 597.56(265.2)

ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЖЕЛТОПЕРОЙ КАМБАЛЫ, ТРЕСКИ И МИНТАЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

М. Н. Кривобок и О. И. Тарковская

ВНИРО

Химический состав тела промысловых рыб юго-восточного района Берингова моря изучен слабо, а данные об его изменении в зависимости от физиологического состояния организма рыбы совершенно отсутствуют. Между тем такие сведения облегчили бы прогнозирование начала различного типа миграций и объяснили смещение сроков начала и продолжительности нерестового периода. Кроме того, они могут быть с успехом использованы при выявлении биологических группировок данного вида.

Во время исследовательского рейса БРТ «Ульяновск» в юго-восточный район Берингова моря в 1959 г. был собран материал для химической характеристики желтоперой камбалы, трески и минтая. Исследовали мышцы, печень и половые продукты с учетом времени сбора, размеров рыбы, ее пола, состояния зрелости гонад и района обитания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собирали с марта по май 1959 г. В это время желтоперая камбала еще концентрировалась на зимних камбальных банках, треска только что закончила свой нерест и интенсивно питалась, а у минтая нерест еще только начинался.

Для характеристики жирности желтоперой камбалы из улова отбирали 10 рыб одинаковой длины, пола и состояния зрелости половых продуктов. У них определяли вес тела, тушки, печени и половых продуктов. Одновременно давали характеристику содержимого кишечника и степень его наполнения. На анализ брали тушки от всех 10 рыб, которые целиком пропускали через мясорубку. Фарш перемешивали и помещали в консервную банку, которую затем закатывали и автоклавировали. Помимо фарша, на анализ брали печень, а в некоторых случаях и половые продукты камбалы, которые консервировали так же, как и фарш. Таким образом определяли жирность самок и частично самцов желтоперой камбалы длиной от 20 до 40 см, по всем встречающимся в это время стадиям зрелости. В одном районе пробы брались через 20—25 дней.

Материал по треске собирали несколько иначе. Треска в уловах встре-

чалась единично и сильно варьировала в длине. Поэтому пробы брали индивидуально от каждой рыбы. Треску измеряли, взвешивали, определяли ее пол, зрелость и вес половых продуктов, вес печени, а также содержимое желудка и степень его наполнения. Печень от каждой рыбы фиксировали целиком, а мышцы полностью срезали с одной стороны тела, пропускали через мясорубку и уже из приготовленного таким способом фарша брали пробу. Помимо трески и камбалы, дополнительно был собран небольшой материал по минтаю. В этом случае также отбирали рыб одинаковой длины, пола и состояния зрелости половых продуктов. Печень от всех анализируемых рыб помещали в одной консервной банке, а мышцы срезали с одной стороны тела всех рыб и пропускали через мясорубку.

Жир определяли по применяемому в нашей лаборатории модифицированному методу Белькевича.

Для определения гликогена у каждой рыбы брали в пробирку навеску печени 3 г, которая заливалась 6 мл 30%-ного КОН. Пробирка с пробой на 2 час ставили на водяную баню, после чего плотно закрывали резиновой пробкой и в таком виде хранили до поступления в лабораторию. Само определение гликогена проводили по видоизмененной методике Гуда. Было также проведено несколько определений общего и экстрактивного азота как в мышцах, так и в печени трески и желтоперой камбалы.

ЖЕЛТОПЕРАЯ КАМБАЛА

Желтоперая камбала (*Limanda aspera* Pall) по сравнению с другими дальневосточными видами камбал играет наиболее важную роль в траловом промысле. Зимой она образует мощные скопления на сравнительно небольших площадях, называемых «зимними камбальными банками». Зимой 1958/59 г. траловый промысел в юго-восточной части Берингова моря проводили на такой камбальной банке, расположенной между о-вами Прибылова и Унимак на глубине от 70 до 100 м и температуре воды у дна около 3°. Концентрация рыбы здесь была настолько высокой, что БРТ «Ульяновск» за 15 мин траления поднимал до 25 т, которые на 98% состояли из желтоперой камбалы.

В улове встречалась камбала длиной от 18 до 48 см, но основную массу (52% от общего количества) составляли рыбы от 27 до 32 см, при среднем весе около 330 г.

Характерно, что на банке молодь камбалы встречалась в незначительном количестве. По количеству неполовозрелые рыбы длиной менее 26 см здесь составляли 14%, а на местах промысла этой же камбалы в летне-осенний период до 45% (рисунок). Количество самцов и самок в зимних уловах было приблизительно одинаковым. Половозрелые самки начинали встречаться при длине тела 26 см, а среди самцов даже самые мелкие из попадавшихся экземпляров (22 см) находились во II стадии зрелости. Гонады половозрелых рыб находились во II и III стадии.

В период зимних исследований кишечника у желтоперой камбалы в большинстве случаев были совершенно пустыми или наполнены прозрачной жидкостью. Только в самом конце апреля начали встречаться особи с недавно заглоченной пищей, состоящей из трубчатых червей и моллюсков.

Вес печени камбалы в процентах веса тела отдельных особей колебался от 0,9 до 2,7%. В процессе созревания половых продуктов вес печени самок в среднем возрастает от 1,1% в I стадии до 2,5 в III стадии, а у самцов на этих же стадиях он практически остается неизменным (табл. 1).

Содержание жира в сыром веществе тела камбалы в указанный период колебалось от 0,7 до 4,8%, а в печени от 4,1 до 20%.

У молоди содержание жира как в печени, так и в теле ниже, чем у взрослых рыб. Жирность самок во II стадии зрелости выше, чем у неполовозрелой камбалы, и с увеличением размеров тела рыбы заметно уменьшается. При переходе половых продуктов в III стадию зрелости

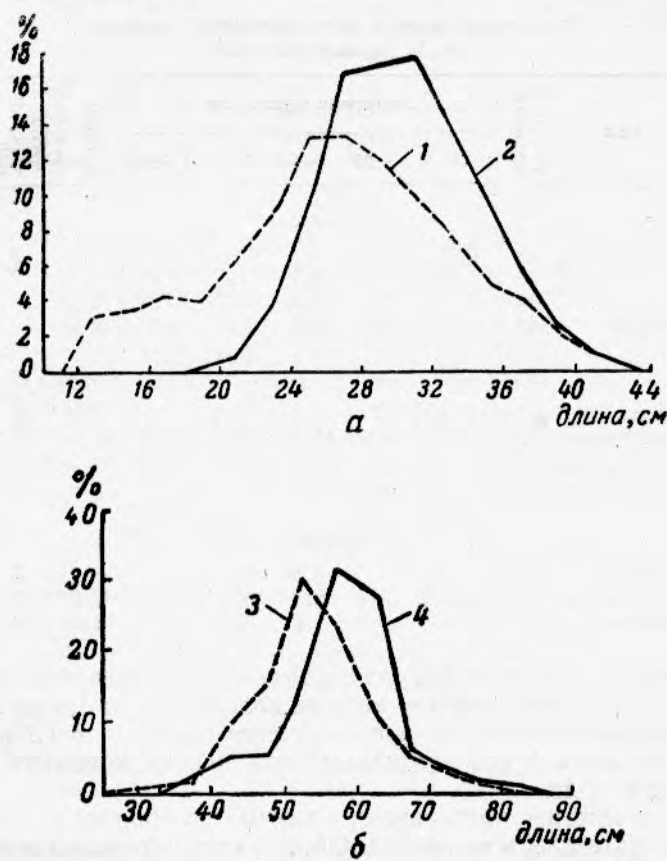


Рис. Распределение желтоперой камбалы (а) и трески (б) по длине в Бристольском зал. в 1958/59 г. (в %):
 1 — март — апрель 1959 г.; 2 — август 1958 г.,
 3 — июль — сентябрь 1958 г.; 4 — март — апрель 1959 г.

Таблица 1

Изменение веса печени желтоперой камбалы (в % от веса тела)

Стадия зрелости	Длина рыбы, см					В среднем
	25	30	35	40	45	
Самки						
I	1,0	1,1	1,2	—		1,1
II	—	1,6	1,9	2,0	2,2	1,9
III	—	2,2	2,3	2,6	2,7	2,5
Самцы						
I	1,1	1,1				1,1
II	1,0	1,0	0,9			1,0
III	—	1,0	1,1	1,2		1,1

содержание жира как в теле, так и в печени увеличивается и становится одинаковым у рыб различной длины (табл. 2). Половозрелые самцы по

сравнению с самками имеют более низкую жирность. Эта разница особенно резко проявляется в отношении жира печени.

В икре по мере ее созревания содержание жира возрастает в среднем от 0,7 во II стадии до 2,3% в III стадии.

Таблица 2

Содержание жира в теле желтоперой камбалы
(в % сырого вещества)

Пол	Стадия зрелости	Размерные группы, см					В среднем	Число определенных
		20	—25	—30	—35	—40		
В тушке								
Самки	juv	0,7	1,6				1,1	2
	II			2,1	1,5	1,4	1,6	9
	III			2,8	2,9	2,9	2,8	17
Самцы	III			2,8	2,4	—	2,7	4
В печени								
Самки	juv		8,1				8,1	1
	II	15,3		12,6	10,5	12,8	7	
	III	15,0		14,3	15,6	14,9	16	
Самцы	III			7,7	9,3		8,5	4
В гонадах								
Самки	II			0,5	0,9		0,7	6
	III			2,4	2,2		2,3	9
Самцы	III			1,8	1,7		1,8	2

По данным Е. Ф. Клейе [2], содержание жира в теле желтоперой камбалы из этого района в июле — августе колебалось от 1,8 до 2%. Зимой после длительного голодания оно в среднем составляло 1,7%. Это дает основание говорить о незначительных изменениях жирности тела камбалы в течение года.

Некоторый интерес представляют данные по общему и безбелковому азоту в теле камбалы и ее печени. Общий азот определялся целиком во всей пробе по микрокьюльдалю а безбелковый азот в фильтре после осаждения белка — 20%-ным раствором трихлоруксусной кислоты. Безбелковый азот, выраженный в процентах от общего, в теле неполовозрелой камбалы длиной 22—25 см в среднем составлял 22%, а у половозрелых рыб различной длины во II и III стадиях зрелости оставался неизменным и в среднем был равен 24,7%. В печени неполовозрелых рыб безбелковый азот составлял 17,4, а в печени взрослых рыб в среднем 15,2%. Помимо жира и азота, в печени желтоперой камбалы определялось содержание гликогена. Как видно из табл. 3, самцы по сравнению с самками того же размера и состояния зрелости половых продуктов характеризуются более высоким содержанием гликогена. Созревание половых продуктов сопровождается увеличением содержания гликогена в печени. Так, при переходе из II в III стадию зрелости содержание гликогена в печени самцов возрастает с 2,7 до 3,1%, а у самок — с 1,7 до 2,1%. У самок при одинаковом состоянии зрелости гонад содержание гликогена в печени возрастает с увеличением размеров тела рыб. Так, у самок в III стадии зрелости с увеличением длины тела от 25 до 40 см содержание гликогена возрастает с 1,7 до 2,3%.

Помимо камбалы, с камбальной банки из района о-вов Прибылова и Унимак нами был проанализирован небольшой материал из Бристольского зал. Здесь БРТ «Ульяновск» в первых числах мая 1959 г. обнаружил значительное скопление желтоперой камбалы, залегающей при температуре воды минус 1,5°.

Таблица 3

Содержание гликогена в печени желтоперой камбалы, %

Пол	Стадия зрелости	Размеры рыб, см				В среднем	Число определенных
		— 25	— 30	— 35	—		
Самки	II	1,6	1,8	—	—	1,7	7
Самцы	II	2,7	—	—	—	2,7	2
Самки	III	—	1,7	2,1	2,3	2,0	25
Самцы	III	—	3,2	—	3,1	3,1	13

По своему размерному составу эта камбала не отличалась от той, которая ловилась на основной камбальной банке в районе о. Уникак; ее средняя длина равнялась 30,6 см, а на основной банке она составляла 30,2 см. Существенные различия обнаруживались только в состоянии зрелости половых продуктов.

На камбальной банке 37% рыб имели коэффициент зрелости менее 4, а в Бристольском зал. таких особей было только 11,5%. С другой стороны рыб с коэффициентом зрелости более 12 в первом случае было только 4,1%, а во втором 16,5. В среднем же коэффициент зрелости камбалы с основной камбальной банки составлял 5,6, а для рыб из Бристольского зал. 7,7 (табл. 4).

Таблица 4

Распределение желтоперой камбалы (в %) по величине коэффициента зрелости

Район	Коэффициент зрелости						В среднем	Число определенных
	— 4	— 8	— 12	— 16	—			
Камбальная банка . . .	37,0	33,6	24,6	4,1	—		5,6	140
Бристольский зал. . . .	11,5	48,0	24,0	15,0	1,5		7,7	90

Резко различаются также эти две группы желтоперой камбалы по содержанию жира в теле и печени. В теле камбалы из Бристольского зал. содержится в 2, а в печени в 2,5 раза меньше жира по сравнению с рыбами с основной камбальной банки.

Содержание жира в теле и печени желтоперой камбалы из Бристольского зал. и с камбальной банки, %

Район	Длина камбалы, см	
	30	35
Тело		
Бристольский зал.	1,40	1,80
Камбальная банка	2,80	2,90
Печень		
Бристольский зал.	6,6	5,2
Камбальная банка	15,0	14,3

У желтоперых камбал из одного и того же района цвет печени изменяется от темно-красного до кремового. Особи с кремовой печенью по сравнению с рыбами с красной печенью имели больший вес тела, более развитую печень и половые продукты, более высокое содержание жира в мясе и печени и более низкое содержание гликогена в печени.

Таким образом, цвет печени определяется содержанием в ней жира и гликогена. Это сказывается на всем организме рыбы и в частности на степени развитости половых продуктов.

При одинаковой длине тела у самок с красной печенью вес гонад увеличивается пропорционально весу ее печени (табл. 5). У особей с кремовой печенью такая зависимость отсутствует. Здесь она, по-видимому, маскируется весом отложенного в ней жира.

Характеристика самок желтоперой камбалы длиной 35 см
в III стадии зрелости с различным цветом печени

Показатели	Кремовая печень	Красная печень
Вес		
рыбы, г	513	482
печени		
г	15,3	9,5
% от веса тела	2,9	1,9
гонад		
г	46,8	33,1
% от веса тела	9,1	6,8
Содержание жира, %		
в тушке	4,3	1,5
в печени	16,6	3,7
в гонадах	2,2	1,4
Содержание гликогена в печени, %	1,29	2,36

Интересно проанализировать данные по соотношению отдельных частей тела и органов камбалы по сырому, сухому весу и содержанию в них жира. Как видно из табл. 6, основную массу тела камбалы (53—54,5%) составляет мышечная ткань, затем кости позвоночника и голова. Что касается печени, гонад и пустого кишечника, то они все вместе у камбалы во II и III стадиях зрелости составляют около 7—10%. При переходе от сырого к сухому весу возрастает удельный вес костей и уменьшается роль мяса.

Таблица 5

Зависимость между коэффициентами зрелости и весом
печени самок желтоперой камбалы

Показатели	Коэффициент зрелости								
	2	— 4	— 6	— 8	— 10	— 12	— 14	— 16	
С красной печенью <i>l</i> =30, III									
Вес печени, % . .	1,1	1,5	1,7	2,0	2,4				
Количество определений	10	3	4	1	1				
<i>l</i> = 35, III									
Вес печени, % . .	—	1,5	1,8	2,0	2,1	2,2	2,5		
Количество определений	—	5	7	4	5	4	1		
С кремовой печенью <i>l</i> = 35, III									
Вес печени, % . .	—	—	3,0	2,8	2,7	3,3	3,2	2,7	
Количество определений	—	—	3	6	6	4	5	1	

По содержанию жира (в %) на первом месте стоит печень — 15, на втором кости — 3,9—4,6, затем голова — 2,4—3,8. В сыром веществе мяса содержится всего 1,2—1,8% жира, но так как масса мяса велика, его жир составляет 32,1—33,1% от общего количества. На втором месте стоит жир костей 30,9—39%, а затем жир головы и печени.

При переходе из II в III стадию зрелости наиболее значительно возрастает содержание жира в мышцах — на 854 мг, или 42,7%, в голове на 748 мг, или на 65%, и в печени — на 327 мг, или на 48%.

Таблица 6

Соотношение отдельных органов и частей тела самок желтоперой камбалы длиной 30 см по сырому и сухому весу и содержанию в них жира

Органы	Вес, г	Соотношение по весу, %	% сухого вещества	Сухой вес, мг	Соотношение по сухому весу, %	% жира в сыром веществе	Общее содержание жира, мг	Соотношение по жиру, %
II стадия зрелости								
Гонады	4,05	1,3	17,2	697	1,0	0,5	20	0,3
Печень	4,45	1,5	31,8	1415	2,1	15,3	681	9,7
Внутренности	10,0	3,3	16,8	1680	2,5	1,0	100	1,4
Голова	48,0	16,0	22,5	10800	16,4	2,4	1152	16,5
Кости	70,0	23,3	25,8	18060	27,5	3,9	2730	39,0
Мясо	162,0	54,5	19,6	32850	50,5	1,2	2008	33,1
Всего	299			65502			6991	
III стадия зрелости								
Гонады	13,78	4,6	27,7	3822	5,7	1,9	262	2,9
Печень	6,72	2,2	31,1	2090	3,1	15,0	1008	11,3
Внутренности	10,5	3,3	17,8	1869	2,8	1,3	136	1,5
Голова	50,0	16,7	22,8	11400	17,2	3,8	1900	21,3
Кости	60,0	20,0	27,2	16320	24,7	4,6	2760	30,9
Мясо	159,0	53,0	19,3	30687	46,5	1,8	2862	32,1
Всего	300			66188			8928	

ТРЕСКА

На участке шельфа между о-вами Прибылова и Уникама, а также в районе камбальной банки в уловах попадалась треска размером от 35 до 90 см. За одно треление вылавливали обычно не более десяти рыб и только в редких случаях бывало больше. Всего за весь период исследования из этого района было проанализировано 749 экз.

Распределение рыб по длине в вариационном ряду, бывшее в этом районе в июне—сентябре 1958 г., по данным РТ «Огонь», очень сходно (рисунок).

Сходство кривых, а также то, что средняя длина рыб за промежуток времени между наблюдениями увеличилась с 54,3 до 57,9 см, позволяет предполагать, что в обоих случаях мы имели дело с одной и той же группировкой трески. В период наших исследований нерест трески уже закончился и основную массу улова составляли рыбы в VI и II стадиях зрелости. Только в марте попадались рыбы в IV и V стадиях. Следует также отметить довольно большое количество неполовозрелых рыб, которые вместе с молодью составляли около 20% (табл. 7).

Анализ состояния зрелости половых продуктов трески позволил П. А. Моисееву [3], И. А. Полутову [4] и другим констатировать встречае-

Таблица 7

Соотношение трески в уловах по состоянию зрелости гонад с 17 марта по 1 мая 1959 г., %

Стадия зрелости						
I	II	III	IV	V	VI	
Самки						
4,1	18,1	45,7	—	8,5	0,6	32,3
Самцы						
3,1	15,6	50,3	1,4	10,6	—	20,4

мость отдельных крупных экземпляров трески (длиной до 68 см), которые еще ни разу не принимали участия в нересте. Наряду с этим встречались самцы длиной 37,5 см, уже участвовавшие в нересте текущего года.

Большинство пойманных рыб интенсивно питалось. В их желудках в большом количестве встречались минтай, сельдь, корюшка, мойва, камбала, ликодеи, крабы, креветки, осьминоги, моллюски и другая пища.

Помимо крупной трески, в первых числах мая в Бристольском заливе около о-ва Унимак была обнаружена молодь трески (годовики). Она держалась на глубине порядка 100 м при температуре воды у дна 1,3°. За одно траление попадало до 100 рыб. Их длина в среднем была равна 20,7 см при колебаниях от 16 до 25 см и среднем весе 67 г.

Кроме того, в районе о-ва Саннака на Тихоокеанском берегу п-ова Аляска на глубинах 200 м и температуре воды у дна 4,3° двумя тралениями было поймано 36 шт. мелкой трески со средней длиной 46,6 см и с половыми продуктами в I стадии зрелости. Следует отметить, что такая треска в районе камбальной банки встречалась сравнительно редко (табл. 8).

Таблица 8

Распределение трески по длине в юго-восточной части Берингова моря и в районе Саннака в марте—апреле 1959 г. (в %)

Длина, см																												
15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90													
Район о-вов Прибылова и Унимак ($n = 749$, $M = 57,9$ см)																												
	—		—		—		2,5		5,6		4,7		15,8		30,7		29,0		6,4		3,4		1,2		0,1		0,4	
Район о-ва Саннака ($n = 36$, $M = 46,6$ см)																												
	—		—		—		10,8		39,5		25,0		10,8		10,8		3,6		—		—		—		—		—	
Бристольский залив ($n = 100$, $M = 20,7$ см)																												
	39,0		60,0		1,0		—		—		—		—		—		—		—		—		—		—		—	

Поскольку в печени трески откладываются основные запасы жира, она по сравнению с печенью других рыб имеет относительно больший вес. Как видно из табл. 9, в среднем вес печени возрастает от 2,95% у рыб в I стадии до 4,7 в V, а затем снова уменьшается до 3,5% в VI стадии. В пределах одной стадии зрелости вес печени самок несколько больше, чем у самцов. Кроме того, он зависит от размеров тела. Так, например, у самок в I стадии вес печени возрастает от 1,3% у молоди длиной 20 см до 4,1 у рыб длиной 65 см. Так же и в отношении других стадий, за исключением VI, при которой вес печени всех размерных групп выражается приблизительно одинаковой величиной. Это говорит о том, что в преднерестовый период у крупных рыб по сравнению с мелкими в печени откладывается относительно большее количество веществ, которые в период нереста соответственно и расходуются в боль-

Таблица 9

Вес печени трески юго-восточной части Берингова моря в марте—апреле 1959 г.
(% от веса тела)

Стадия зрелости	Пол	Длина рыб, см								В среднем	% веса тушки	Число определенных
		— 20 —	30 —	40 —	50 —	60 —	70 —	80 —				
I	Самка	1,3	1,5	2,5	2,9	3,7	4,7	—	—	3,1	4,2	194
	Самец	1,3	1,5	2,2	3,1	3,5	4,0	—	—	2,8	3,9	173
II	Самка	—	—	—	3,0	3,6	4,2	5,0	—	3,8	4,6	101
	Самец	—	—	—	3,0	3,2	3,3	3,0	—	3,1	3,7	147
IV	Самка	—	—	—	—	3,6	5,9	—	—	4,7	6,1	3
	Самец	—	—	—	—	3,0	3,2	4,8	—	3,5	5,3	9
V	Самка	—	—	—	—	—	—	—	4,7	4,7	8,6	1
	Самец	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI—II	Самка	—	—	—	—	3,7	3,7	4,3	4,3	4,0	4,8	109
	Самец	—	—	—	3,6	2,8	3,2	3,6	—	3,1	3,0	103

шем количестве. Выражение веса печени в процентах веса тела имеет тот недостаток, что вследствие значительного увеличения массы половых продуктов в IV и V стадиях зрелости относительный вес печени соответственно снижается. В равной мере оно уменьшается и при интенсивном питании трески, когда вес наполненного пищей желудка доходит до 20% веса тела. Чтобы выяснить влияние этих моментов, приводим вес печени в % от веса тушки. Из данных табл. 9 видно, что наименьшее отклонение — в VI стадии, когда вес печени занижается только на 0,8%, а наибольшее — в V стадии — на 3,9%.

Содержание жира в печени трески колеблется в пределах от 5,2 до 57,8% (табл. 10).

Таблица 10

Содержание жира в печени трески юго-восточной части Берингова моря в марте—апреле 1959 г.
(в % от сырого веса)

Стадия зрелости	Пол	Длина рыб, см								В среднем		Число определенных
		— 20	— 30	— 40	— 50	— 60	— 70	— 80	— 90 —			
I	Самка	5,2	—	30,6	31,0	37,4	39,2	—	—	28,7	27,8	20
	Самец	5,2	—	—	38,6	36,6	—	—	—	26,8		7
II	Самка	—	—	—	—	25,5	29,1	38,9	—	29,6	25,6	28
	Самец	—	—	—	28,1	21,7	18,1	—	—	21,5		23
IV	Самка	—	—	—	—	35,3	36,8	—	—	36,1	40,7	3
	Самец	—	—	—	—	42,5	—	48,3	—	45,4		3
V	Самка	—	—	—	—	—	—	—	47,9	47,9	52,9	1
	Самец	—	—	—	—	—	57,8	—	—	57,8		1
VI	Самка	—	—	—	—	25,3	25,4	30,5	29,7	28,1	24,5	28
	Самец	—	—	—	25,1	21,2	18,6	19,7	—	20,9		15

Содержание жира в печени годовалой молоди составляет 5,2%, а у неполовозрелых рыб длиной тела более 30 см оно возрастает в среднем до 36,5%. У половозрелой трески при созревании половых продуктов от II до V стадии жирность печени увеличивается от 25,6 до 52,9%.

После нереста в VI стадии она снова падает до 24,5%. Низкую жирность во II стадии следует объяснить тем, что к этой группе мы относили рыб, которые еще не успели полностью оправиться после нереста. В содержании жира печени самцов и самок на одних и тех же стадиях зрелости нет таких различий, как в весе.

С увеличением длины тела рыбы одной и той же стадии зрелости процентное содержание жира в печени хотя и увеличивается, но не так отчетливо, как ее вес.

У трески, так же как и у камбалы, в пределах одних и тех же стадий зрелости содержание жира в печени значительно колеблется и сопровождается изменением ее цвета. Так, например, у самок трески длиной 60 см во II стадии с печеню кремowego цвета содержится 25,6% жира, а с красной печеню только 11,6. Как показали исследования, содержание гликогена в печени трески постоянно у рыб различной длины и незначительно изменяется в процессе созревания половых продуктов (табл. 11).

Таблица 11

Содержание гликогена в печени трески, %

Стадии							Число определений
Juv	I	II	III	IV	V	VI	
Самки							
1,50	1,86	1,79	—	1,28	2,07	1,37	49
Самцы							
1,50	1,63	1,75	—	—	—	1,21	28

Незначительные изменения в содержании гликогена объясняются тем, что в печени трески основную роль энергетического резерва играет жир.

В отличие от печени мясо трески очень тощее. Содержание в нем жира колеблется от 0,38 до 0,60% сырого вещества. Оно одинаково у самцов и самок и практически не изменяется в процессе созревания половых продуктов (табл. 12). Содержание влаги в мясе у неполовозрелых рыб равно 80,9%. По мере созревания половых продуктов влажность увеличивается до 84,1% в V стадии, а после нереста, в VI стадии, снижается до 82,4%.

Анализируя соотношения веса отдельных органов и частей тела, а также содержание жира в теле самок трески длиной 60 см в стадии зрелости VI—II, мы видим, что основную массу тела составляют мышцы — 52,1% от общего веса тела, затем голова 22,1, кости позвоночника и плавники — 14,4 и печень, которая составляет всего 4,3%. По содержанию жира в сыром веществе на первом месте стоит печень —

Таблица 12

Соотношение по весу и содержанию жира органов и тканей беринговоморской трески (l=60; Q=2,01 кг, ♀ VI—II)

Органы и ткани	Вес, г	Весовое соотношение, %	% сухого вещества	Сухой вес, г	Соотношение по сухому весу, %	% жира	Содержание жира, г	Соотношение по жиру, %
Гонады	48	2,3	14,8	7,2	1,7	0,91	0,450	1,1
Печень	90	4,3	46,3	41,9	9,9	32,2	29,173	73,0
Желудок и кишки	100	4,8	19,4	19,4	4,6	1,3	1,300	3,2
Голова	460	22,1	20,1	96,4	22,6	1,0	4,600	11,5
Позвоночник	300	14,4	21,4	64,8	15,4	0,21	0,630	1,5
Мышцы	1080	52,1	17,7	191,1	45,5	0,4	3,888	9,7
Всего	2079		—	420,8		—	40,039	

32,2%, затем желудок с кишечником — 1,3, в гонадах и в голове — около 1% жира и, наконец, кости позвоночника и мышцы — 0,2—0,3%.

По отношению общего количества жира в организме трески печень содержит 73% от его общей величины, в голове 11,5, а в мышцах, которые составляют больше половины веса тела, только 9,7% жира.

МИНТАЙ

Минтай, так же как и треска, попадался в уловах по 5—10 шт. на одно траление. В основном встречались рыбы длиной от 40 до 56 см, но длина отдельных особей колебалась в пределах от 22 до 64 см.

В период наших наблюдений в марте—апреле большинство минтая находилось в преднерестовом состоянии, в IV и IV—V стадиях, составлявших около 60% от общего количества. Полностью созревшие и уже отнерестовавшие особи попадались единично, а рыбы неполовозрелые и находящиеся во II стадии, составляли около 20%. Среди самок половозрелые встречались, начиная с размера 40 см, а среди самцов, начиная с 32 см.

Обращает на себя внимание своеобразность нереста минтая. Как мы уже говорили, в уловах в большом количестве встречались рыбы в IV и IV—V стадиях зрелости. Последняя стадия характеризовалась, с одной стороны, наличием текучей икры, а с другой — наличием значительного количества икры в типичной IV стадии. При вскрытии яичников обнаруживалось, что центральная часть яичников была наполнена зрелой текучей икрой, а незрелая икра в IV стадии располагалась по периферии. Соотношение между количеством икры этих двух стадий колебалось в значительных пределах. В то же время рыбы с полностью созревшей икрой (в V стадии) встречались редко, а их ястыки характеризовались сравнительно незначительными размерами. Эти наблюдения создают впечатление, что минтай юго-восточной части Берингова моря по характеру созревания яичников занимает промежуточное положение между рыбами с единовременным и порционным икрометанием. У него нет типичных для порционно нерестующих рыб отдельных порций икры, различающихся своими размерами и сроками выметывания икры. Но он не может быть также отнесен к рыбам с единовременным нерестом, поскольку овуляция и выметывание икринок, расположенных в центральной части яичника, происходит раньше по сравнению с овоцитами, расположенными в периферических участках яичника.

У минтая, так же как и у трески, приблизительно 70% запаса жира сосредоточено в печени. Ее вес, выраженный в процентах веса тела, зависит от состояния зрелости половых продуктов и мало изменяется в зависимости от размеров тела.

Вес печени, выраженный в проценте веса тела минтая различной длины, при одинаковой степени зрелости половых продуктов остается без изменения. В то же время созревание половых продуктов вызывает значительные изменения веса печени как у самцов, так и у самок.

Как видно из табл. 13, вес печени самок возрастает от 2,7% у рыб в I стадии до 4,8 в IV, а затем снова уменьшается до 3,3% после нереста. По сравнению с самками вес печени самцов на соответствующих стадиях зрелости характеризуется меньшими показателями. По мере созревания половых продуктов содержание жира в печени самок минтая возрастает от 39,5% во II стадии до 43,7 в IV, а к концу нереста снижается до 34%.

Так же как и у трески, в мышцах минтая содержится незначительное количество жира — от 0,35 до 0,67%, причем к концу нереста намечается тенденция к его повышению.

Интересны данные по раздельному анализу самок минтая на разных стадиях зрелости. Исследования производились с таким же подразделением на органы и ткани, как у трески и камбалы. На анализ было взято

Изменение веса печени минтая и содержание в ней жира
в процессе созревания половых продуктов

Пол	Стадии зрелости							Число определений
	I	II	III	IV	IV-V	V	VI	
Вес печени (% от веса тела)								
Самки	2,7	3,8	3,5	4,8	3,9	3,2	3,3	200
Самцы	2,3	2,5	3,1	3,8	3,2	2,9	2,7	210
Содержание жира в печени, %								
Самки	40,9	39,5	—	43,7	42,7	—	34,2	12
Самцы	38,6	—	—	44,0	—	—	—	6
Содержание жира в мышцах, %								
Самки	0,4	0,3	—	0,4	0,5	0,5	—	12
Самцы	—	—	—	0,7	—	—	—	4

по 10 самок минтая длиной 50 см, находящихся в IV и IV—V стадиях зрелости, и три самки такой же длины в стадиях V—VI, у которых в ястыке оставалось незначительное количество невыметанной икры.

Как видно из табл. 14, созревание половых продуктов вызывает наиболее значительные изменения в весе самих гонад и печени. При переходе из IV в V стадию вес гонад возрастает от 10,9 до 20,4% веса тела, а к концу нереста снова уменьшается до 5,1%. Вес печени последовательно снижается от 6,1% в IV стадии до 3,6 в V—VI стадиях. В весе других органов созревание половых продуктов не вызывает существенных изменений. Пустой желудок вместе с кишечником составляют от 3 до 4% веса тела, голова от 17,2 до 20,5, кости 12,7—14,4 а мышцы от 41,8 до 52,4%.

По содержанию влаги на первом месте стоит мышечная ткань, в которой содержится от 81,3 до 84,5% влаги, затем — желудок — 80,4% и голова и кости с содержанием влаги около 80%. В печени и в гонадах созревание половых продуктов от IV до VI стадии сопровождается увеличением влаги: в печени от 44,5 до 49,1%, а в гонадах от 67,5 до 86,9%.

По содержанию жира в сыром веществе, на первом месте стоит печень, в которой в зависимости от степени зрелости гонад содержится от 34 до 41% жира, затем идут гонады, в которых при переходе из IV в VI стадию содержание жира понижается от 3,4 до 1,2%. На третьем месте стоит желудок с содержанием жира в 1,6—2,4%. В голове содержится около 1%, в костях 0,8, а в мышцах 0,4—0,5% жира.

Несмотря на то, что печень не превышает 6,1% веса тела, в ней содержится до 72,7% от общего количества жира. В зрелой икре вместе с гонадами содержится до 18,2% жира, в мышцах в зависимости от зрелости гонад от 6,3 до 14,2%.

Из приводимых данных мы видим, что основные изменения в содержании жира в теле минтая при созревании половых продуктов происходят за счет жира печени, гонад и частично мышц.

В связи с расходом энергии на овуляцию и нерест общее количество жира в организме уменьшается с 32,7 г в IV стадии до 14,6 г в VI стадии, а потеря жира в 18,1 г составляет 55,3% его первоначального количества. Вычтя из этой величины 3,8 г, которые содержались в выметанной икре, мы получим 14,2 г жира, которые были израсходованы рыбой на овуляцию и нерест 65,2 г икры. Эта последняя величина была получена путем вычитания веса яичников в VI стадии из общего веса гонад в IV стадии. На основании этих цифр можно вычислить, что на овуля-

Таблица 14

**Характеристика отдельных частей тела самок минтая длиной 50 см
на разных стадиях зрелости половых продуктов**

Стадия зрелости	Гонады	Печень	Желудок и кишечник	Голова	Кости	Мышцы	Всего
Вес отдельных частей тела, г							
IV	104,4	58,0	31,3	164,0	124,0	472,3	954
IV-V	196,5	35,8	27,8	157,0	116,0	377,9	911
VI	39,2	26,7	31,1	156,7	110,0	400,0	764
Весовое соотношение отдельных частей тела, %							
IV	10,9	6,1	3,3	17,2	13,0	49,5	100
IV-V	20,4	3,9	3,0	17,2	12,7	41,8	100
VI	5,1	3,5	4,0	20,5	14,4	52,4	100
Содержание влаги в отдельных частях тела, %							
IV	67,5	44,5	80,4	79,9	77,7	81,3	—
IV-V	79,9	45,1	80,4	80,9	79,9	84,5	—
VI	86,9	49,1	80,4	80,9	79,9	82,4	—
Содержание жира в отдельных частях тела, %							
IV	3,4	41,0	2,4	1,0	0,80	0,43	—
IV-V	2,2	42,0	1,6	0,9	0,76	0,40	—
VI	1,2	34,0	2,4	0,9	0,78	0,52	—
Содержание жира в отдельных частях тела, г							
IV	3,534	23,780	751	1,640	0,992	2,029	32,726
IV-V	4,312	15,036	445	1,397	0,928	1,512	23,630
VI	0,500	9,078	746	1,397	0,858	2,080	14,629
Соотношение отдельных частей тела по содержанию жира, %							
IV	10,8	72,7	2,2	5,0	3,0	6,3	100
IV-V	18,2	63,5	1,9	5,9	3,9	6,5	100
VI	3,2	61,9	5,1	9,7	5,9	14,2	100

цию и нерест 1 г икры минтай расходует приблизительно 219 мг жира. На 1 г веса тела у минтая в IV стадии зрелости приходится 36 мг жира, а после нереста остается 19 мг, т. е. точно такое же количество, как и у трески в VI—II стадии.

Заключение

Желтоперая камбала в юго-восточной части Берингова моря, так же как и в других дальневосточных морях, образует зимой мощные промысловые скопления на так называемых «камбальных банках». Исследования этих скоплений камбалы в районе о-вов Прибылова и Унимак, а также в Бристольском зал. показали, что они в основном состоят из половозрелых рыб. Молодь длиной тела меньше 26 см встречается единично и по отношению к общему количеству рыб составляет только 14,1%. На местах летнего откорма, по данным РТ «Огонь», в августе 1958 г. мелкая камбала в среднем составляла 45%. Следовательно, зимний траловый промысел более рационален. В марте — апреле желтоперая камбала не питалась, ее кишечники были или пустыми, или наполнены прозрачной жидкостью. Гонады половозрелой камбалы находились во II и в III стадиях зрелости.

Содержание жира в теле камбалы колеблется в пределах от 0,7 до 2,9%, а в печени — от 7,7 до 15,6%. Неполовозрелая камбала по сравнению со взрослыми рыбами имеет более низкую жирность как в мясе, так и в печени. У половозрелых рыб содержание жира зависит от степени зрелости их половых продуктов. В среднем у самок желтоперой камбалы во II стадии зрелости в теле содержится 1,65%, в печени 12,8 и в икре 0,68% жира. При переходе половых продуктов в III стадию зрелости жирность тушки возрастает до 2,85%, печени до 14,9, а икры до 2,3%.

Резкое повышение содержания жира в гонадах по мере их созревания, по-видимому, является предпосылкой к обеспечению плавучести икры.

Самцы по сравнению с самками на одних и тех же стадиях зрелости имеют значительно более низкое содержание жира как в мясе, так и в печени. Переход половых продуктов из II в III стадию зрелости сопровождается значительным увеличением содержания гликогена в печени. В отличие от содержания жира в печени половозрелых самок по сравнению с самцами содержание гликогена значительно меньше.

По сравнению с половозрелыми рыбами содержание безбелкового азота в мясе молоди ниже, а в печени выше. Переход половых продуктов из II в III стадию зрелости не сказывается на количестве безбелкового азота. Его содержание в мясе взрослой камбалы в процентах от общего азота в среднем равно 24,7%, а в печени — 15,2%.

Как показали наблюдения в Бристольском зал., желтоперая камбала может залегать на зимовку при температуре воды минус 1,5°, в то время как обычно на зимних камбальных банках температура воды никогда не опускается ниже 0°. В частности, на камбальной банке в районе о-вов Прибылова, Унимак температура воды равнялась 3,5°.

По своим размерам эти две группы камбал почти не различались. Различие заключалось только в том, что в Бристольском зал. камбала была менее жирной и имела несколько более развитые половые продукты. Причина залегания камбалы при такой низкой температуре пока что не выяснена. По-видимому, их надо искать в особенностях гидрологического режима Бристольского зал., подверженного очень быстрым и значительным изменениям.

У камбалы из одного и того же района цвет печени может меняться от темно-красного до кремового. Как показали исследования, цвет печени отражает неодинаковое физиологическое состояние рыб. У камбалы с красной печенью в отличие от камбалы с кремовой печенью вес тела меньше, печень и половые продукты менее развиты, содержание жира меньше, а содержание гликогена более высоко.

Причина этой неоднородности не выяснена. Она не связана с половозрелостью, поскольку в равной степени наблюдается у молоди и взрослых рыб. Поскольку у рыб с красной печенью гонады менее развиты, чем у рыб с желтой печенью, нерест у них более растянут; у желтоперой камбалы в этом районе, по данным П. А. Моисеева [3], он продолжается около двух месяцев.

Вполне вероятно, что такая физиологическая неоднородность обусловлена условиями питания. Сосредоточенная зимой на очень незначительной площади камбала летом распределяется на значительной площади. В то же время, будучи донной малоподвижной рыбой, она не может быстро менять ареала своего обитания и вынуждена питаться теми организмами, которые преобладают в данном месте. Это будет определять не только величину рациона, но и в значительной мере и химический состав ее тела. Вероятность такого предположения подтверждается тем, что аналогичное явление наблюдается и у трески, состав пищи которой отличается исключительным разнообразием.

В юго-восточной части Берингова моря с марта по май 1959 г. треска в траловых уловах попадалась единично. Сходство в распределении рыб по длине в вариационном ряду с тем, которое было здесь в июле—августе 1958 г. (по данным РТ «Огонь») позволяет говорить, что в обоих случаях мы имеем дело с одной и той же треской (см. рисунок).

В период наших наблюдений она держалась вдоль шельфа на участке от о-вов Прибылова до о. Унимак, а также на прилегающих участках мелководья с положительными температурами. В зоне отрицательных температур она совершенно отсутствовала, так же как и в зоне теплого течения, идущего вдоль о-ва Унимак вглубь Бристольского зал.

с температурой воды 1,3°. Здесь в значительных количествах держались годовики трески, которые усиленно питались медузами и мелкими креветками.

Нерест трески к марту уже закончился, попадались только единичные особи с текучей икрой.

Вес печени трески, выраженный в процентах веса тела, изменялся в пределах от 1,3 до 4,7. Самцы по сравнению с самками имели меньший вес. По мере созревания половых продуктов вес печени возрастает до своего максимума в V стадии, а после нереста снова уменьшается. Содержание жира в печени трески колеблется от 5,2 до 57,8%. У годовиков длиной 20 см оно минимальное и составляет 5,2%. У половозрелой трески по мере созревания гонад от II до V стадии жирность печени увеличивается от 25,6 до 52,6%, а после нереста снова снижается до 24,5%. Содержание жира в печени у самцов и самок одинаково.

У трески, так же как и у камбалы, в пределах одних и тех же стадий зрелости наблюдаются значительные индивидуальные колебания в содержании жира в печени, сопровождаемые изменением ее цвета. Так, например, у самок трески длиной 60 см во II стадии зрелости гонад в печени кремового цвета, содержалось 25,6% жира, а в печени красного цвета — только 11,6.

Содержание гликогена в печени остается постоянным у рыб различной длины. Оно незначительно изменяется в процессе созревания половых продуктов, колеблясь в пределах от 1,21 до 2,07%. Различия в содержании гликогена печени у самцов и самок также незначительно. В отличие от печени мяса трески очень тощее. Содержание в нем жира колеблется от 0,36 до 0,60%. Оно одинаково у самцов и самок и практически не изменяется в процессе созревания половых продуктов.

Исследование показало, что по особенностям жирового обмена минтай очень близок к треске. Оба вида характеризуются очень тощим мясом и сильно развитой печенью, в которой откладывается до 75% от общего количества жира. Энергетические затраты, связанные с созреванием и выметыванием икры у обоих видов очень близки, поэтому после нереста в печени остается приблизительно одинаковое количество жира.

ВЫВОДЫ

1. В марте-апреле, когда желтоперая камбала залегает еще на зимних камбальных банках, содержание жира в ее теле колеблется от 0,7 до 2,3%, а в печени — от 7,7 до 15,6%. По мере развития гонад содержание жира в теле и печени заметно возрастает. Самцы по сравнению с самками на одних и тех же стадиях зрелости гонад характеризуются меньшей жирностью. В отличие от жира содержание гликогена в печени самок значительно ниже, чем у самцов.

2. У камбал, пойманных на одной и той же камбальной банке, цвет печени меняется от темно-красного до кремового. Цвет печени отражает неодинаковое физиологическое состояние рыб. При одной и той же длине тела особи с красной печенью в отличие от рыб с желтой печенью характеризуются меньшим весом тела, менее развитыми половыми продуктами и печенью, меньшим содержанием жира и более высоким содержанием гликогена. Можно предполагать, что такая физиологическая неоднородность обусловлена характером питания на местах кормежки в летний период.

3. Вес печени трески, выраженный в процентах от веса тела, изменяется от 1,3 до 4,7. По мере созревания половых продуктов вес печени возрастает до своего максимума в V стадии зрелости, а после нереста снова уменьшается. Самцы по сравнению с самками характеризуются меньшим весом печени. У половозрелой трески по мере созревания

гонад от II до V стадии содержание жира в печени увеличивается от 25,6 до 52,6%, а после нереста снова уменьшается до 24,5%. Между самцами и самками в отношении содержания в печени жира не обнаруживается различий. Содержание гликогена в печени остается постоянным у рыб различной длины. Оно незначительно изменяется в процессе созревания половых продуктов и почти одинаково у самцов и самок.

4. Минтай по характеру жирового обмена очень близок к треске. Он характеризуется очень тощим мясом и сильно развитой печенью, в которой откладывается 75% от общего количества жира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кизеветтер И. В. и Мершина К. И. Техническая характеристика отдельных видов камбал. Известия ТИНРО. Т. 23, 1947.
 2. Клейе Е. Ф. Технологическая характеристика некоторых рыб Берингова моря. «Рыбное хозяйство» № 8, 1959.
 3. Моисеев П. А. Треска и камбалы дальневосточных морей. Известия ТИНРО. Т. XL. Владивосток, 1953.
 4. Полутув И. А. Треска Авачинского зал. Известия ПИНРО. Т. XXVIII. Владивосток, 1948.
-

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие.	5
А. М. Баталин. О водообмене Берингова моря с Тихим океаном	7
А. Ф. Плахотник. Гидрологическая характеристика залива Аляска	17
З. Ф. Гурикова, Т. Т. Винокурова и В. В. Натаров. Схема ветровой циркуляции течений Берингова моря в августе 1959 и 1960 г.	51
Н. Г. Васюкова. Тепловой баланс поверхностных вод в некоторых рыбопромысловых районах Берингова моря	77
Р. Л. Давидович. Краткая химическая характеристика вод северо-западной части Тихого океана	93
Н. Г. Королев. Биология и промысел камчатского краба <i>Paralithodes gamschaticus</i> (Tilesius) в юго-восточной части Берингова моря	99
В. В. Шевцов. О количественном распределении донной фауны в заливе Аляска	107
Б. Г. Иванов. Некоторые итоги изучения биологии и распределения креветок в Прибыловском районе Берингова моря	113
Б. Г. Иванов. Количественное распределение иглокожих на шельфе восточной части Берингова моря	123
И. М. Мещерякова. Количественное распределение планктона в юго-восточной части Берингова моря летом 1958 и 1959 г.	141
В. А. Скалкин. Питание морских окуней в Беринговом море	151
✓ Н. П. Новиков. Основные черты биологии тихоокеанского белокорого палтуса (<i>Hippoglossus hippoglossus stenolepis</i> Schmidt) в Беринговом море	167
• Д. А. Шубников и Л. А. Лисовенко. Материалы по биологии двухлинейной камбалы юго-восточной части Берингова моря	209
Т. А. Минева. Материалы по биологии некоторых видов камбал восточной части Берингова моря	215
Ю. И. Дудник и Э. А. Усольцев. О сельди восточной части Берингова моря.	225
• В. В. Барсуков. Внутривидовая изменчивость у тихоокеанского морского окуня (<i>Sebastes alutus</i> Gilbert)	231
В. А. Абакумов. О морском периоде жизни тихоокеанской трехзубой миноги <i>Entosphenus tridentatus</i> (Richardson)	253
М. Н. Кривобок и О. И. Тарковская. Химическая характеристика желтоперой камбалы, трески и минтая юго-восточной части Берингова моря	257

CONTENTS.

Preface.	Str. 5
Batalin, A. M. On the water exchange between the Bering Sea and the Pacific Ocean.	7
Plakhotnik, A. F. Hydrological characteristic of the Gulf of Alaska	17
Gurikova, Z. F., Vinokurova, T. G. and Natarov, V. V. The scheme of the wind circulation of the Bering Sea current in August 1959 and 1960. .	51
Vasyukova, N. G. The heat balance of the surface waters in some fishing areas of the Bering Sea.	77
Davidovitch, R. L. Short chemical characteristics of the Northwest Pacific Ocean.	93
Korolev, N. G. On the biology and fishery of the Southeast Bering Sea crab. .	99
Shevtsov, V. V. Some data on the quantitative distribution of the bottom fauna in the Gulf of Alaska.	107
Ivanov, B. G. Some results of investigations on the biology and shrimp distribution in the Pribilof area the Bering Sea.	113
Ivanov, B. G. Quantitative distribution of the echinoderms on the shelf of the East Bering Sea.	123
Meshcheryakova, I. M. The quantitative distribution of plankton in the Southeastern Bering Sea in the summer 1958 and 1959.	141
Skalkin, V. A. Feeding of ocean perch in the Bering Sea.	151
Novikov, N. P. The principal features of the biology of the Pacific halibut (<i>Hippoglossus hippoglossus stenolepis</i> Schmidt) in the Bering Sea	167
Schubnikov, D. A. and Lisovenko, L. A. Data on the biology of rock sole in the Southeast Bering Sea.	209
Mineva, T. A. Materials on the biology of some flounders of the Eastern Bering Sea.	215
Dudnik, Ju. I. and Usoltsev, E. A. On the herring of the East Bering Sea. .	225
Barsukov, V. V. Interspecies variety of the Pacific ocean perch (<i>Sebastes alutus</i> Gilbert).	231
Abakumov, V. A. Some data on the ocean period in the life-cycle of lamprey (<i>Entosphenus tridentatus</i> Richardson).	253
Krivobok, M. N. and Tarkovskaya, O. I. Chemical characteristics of the yellowfin sole, cod and Alaska pollack in the Southeast Bering Sea. . . .	257

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ
к книге «Советские рыбохозяйственные исследования
в северо-восточной части Тихого океана»

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
56	14 снизу	условная вертикальной стенки	условная вертикальная стенка
60	19 снизу	исключениям	искажениям
83	7 сверху	к северо-восточной	к северо-западной
83	8 сверху	на юго-западе	на юго-востоке
113	22 снизу	14 мм	14 м
175	Подпись под рис. 4	А — возраст 9 +; Б — возраст 3 + в — зависимости	А — возраст 3 +; Б — возраст 9 + б — зависимости
176	Подпись под рис. 5, 10 сверху	10	100
191	Таблица 10, 3 снизу	а — июнь — сентябрь	а — июнь — сентябрь 1957 г.
196	Подпись под рис. 10	или первый, чаще второй	или первый, реже второй
244	13 сверху	по-видимому, был, а	по-видимому, была
246	29 снизу	большая часть	большая часть

Зак. 1676.

Советские рыбохозяйственные исследования в северо-восточной части Тихого океана.

Выпуск II

Редактор *Е. А. Каменская*

Техн. редактор *Н. И. Полуехина*

Корректор *В. Я. Кривогорничева*

Художник *В. А. Назаров*

Издательство «Пищевая промышленность»

Т-01597	Сдано в набор 1/VIII 1963 г.	Подписано к печати III/II—1964 г.
Бумага 70×108 1/16	Печ. л. 17,25	Уч. изд. л. 24,18
Заказ 1676	Издат. № 1021	Тираж 1000
		Цена 1 р. 89 коп.

Московская типография № 12 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати
Цветной бульвар, 30