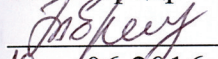


Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
(РГГМУ)

Допущена к защите

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор

 Т. Р. Ерёмина

10.06.2016

Кафедра

промышленной океанологии и охраны

природных вод

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА

Оценка и прогноз запасов промысловых
видов рыб дальневосточных морей РФ

Выполнил

Н.В. Мамонтов,

гр. О-55

Руководитель

д.г.н., доцент

А.С. Аверкиев

Санкт-Петербург 2016

Министерство Образования и Науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Допущен к защите

Кафедра промысловой океанологии
и охраны природных вод

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., проф.
Т. Р. Ерёмина

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА
Оценка и прогноз запасов промысловых
видов дальневосточных морей РФ

Выполнил:

Н. В. Мамонтов
Ст. группы О-55

Руководитель:

д.г.н., доцент А. С. Аверкиев

Санкт-Петербург 2016

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	3
1 Тихоокеанская треска – важный промысловый объект дальневосточных морей РФ	7
1.1 Промысловое значение и ареал обитания трески	7
1.2 Экологические и биологические особенности тихоокеанской трески.	9
1.3 Характеристика и методы лова тихоокеанской трески.	12
2 Физико-географическое описание района обитания тихоокеанской трески.	14
2.1 Природно-климатическая характеристика.	14
3 Изменчивость запасов и уловов тихоокеанской трески.	22
3.1 Изменчивость запасов и уловов тихоокеанской трески в Беринговом и Охотском морях и в прилегающей зоне Тихого океана	22
4 Оценка возможного изменения запасов тихоокеанской трески с помощью модели Шефера	36
4.1 Модель Шефера	36
4.2 Применение модели Шефера	39
4.3 Расчёт изменения запасов трески при различных уровнях промыслового изъятия.	41
Заключение	44
Список использованных источников	45

ВВЕДЕНИЕ

На Дальний Восток и северную часть Тихого океана приходится 2/3 части российского вылова. Существенная доля из этого вылова приходится на Охотское и Берингово моря. Каждое из них имеет важное промысловое значение для нашей страны.

В Беринговом море обитает 402 вида рыб 65 семейств, в том числе 9 видов бычков, 7 видов лососевых, 5 видов бельдюговых, 4 вида камбаловых и другие. Из них 50 видов и 14 семейств — промысловые рыбы. Объектами промысла служат также 4 вида крабов, 4 вида креветок, 2 вида головоногих моллюсков. Основным видом промысла являются лососёвые и тресковые виды рыб. Таким образом, Берингово море является основным промысловым районом дальневосточного бассейна России.

Охотское море так же является масштабным районом промысла. Здесь производится вылов таких видов рыб как лососёвые, сельдь, минтай, мойва, навага, треска. Из морепродуктов наиболее дорогостоящим является камчатский краб.

Такие виды рыб как лосось, горбуша, треска, минтай, навага и камбала находятся под тщательным наблюдением экологов, океанологов, рыбаков и ихтиологов. Данные виды изучаются экспертами из разных стран, производится контроль промыслового запаса и общего вылова. По многим районам составлены многолетние ряды, включающие в себя биомассу общего и промыслового запаса, суммарный и региональный вылов.

Хорошо изучена аркто-норвежская треска, и ряды запасов и уловов этого вида составляют более 100 лет. Дальневосточная треска долгое время была недоиспользованным промысловым объектом. Но с конца 60-х гг ей

уделяется большее внимание, уловы начали расти с 2 тыс. т. до 170 тыс. т. Исследования, касающиеся тихоокеанской трески - актуальны и практически значимы.

Во второй половине двадцатого века происходит сильное увеличение рыбного промысла, и с этого времени регулирование промысла становится важной задачей рыбохозяйственной науки, а запасы трески, горбуши и лосося объектами применения методов рациональной эксплуатации. Эти идеи и методы в наше время применяются почти ко всем промысловым видам.

В данной работе произведена оценка запасов с помощью метода, который позволяет по известным значениям запасов и уловов промысловых видов в предыдущие годы оценить состояние запасов на несколько лет вперед и, возможно, дать рекомендации для более рационального промысла, чтобы в последующем не уничтожить запасы массовых промысловых видов, добываемых в Дальневосточных морях. Представленные расчёты основываются на модели Шефера.

Модель была сформулирована в 50-е гг. 20 века, но иногда применяется для оценки состояния запасов и прогноза запасов промысловых видов рыб или биомассы промысловых объектов, несмотря на существование и применение гораздо более сложных моделей типа моделей виртуально – популяционного анализа (ВПА).

В качестве объекта исследования выбран такой промысловый вид как тихоокеанская треска. Для этого вида составлены временные ряды уловов и запасов как суммарных, так и порайонных. Наблюдались значительные исторические максимумы в значениях улова, вследствие чего промысловый запас сильно сокращался. Тихоокеанская треска до 80-х гг не входила в список массовых промысловых объектов. Но начиная с 80-х гг треска является важным объектом российского промысла и представляет интерес для научных

исследований. Поэтому она была выбрана объектом данной выпускной работы.

Целью работы является оценка запасов и уловов тихоокеанской трески начиная с 80-х годов и составление прогноза запаса на несколько лет.

Рассматривается 25-летний ряд, так как до 1986 года учёт по биомассе и промысловому запасу не вёлся в некоторых районах Камчатки, и невозможно составить надёжные ряды по общей биомассе до начала 80-х гг, а после 2009 года информация по улову закрыта или не найдена нами.

Для достижения цели в представленной работе решаются следующие задачи:

1. Анализ 40-летних временных рядов запасов и уловов Тихоокеанской трески, по 4 промысловым подзонам [1].

2. Составлен временной ряд суммарного промыслового запаса и уловов по 4 подзонам с 1986 по 2009 год.

3. Произведён расчет коэффициентов воспроизводства (A) и естественной смертности (B) в уравнении модели Шефера методом наименьших квадратов;

4. Выполнен прогноз промыслового запаса тихоокеанской трески с 2010 по 2016 с помощью модели Шефера при нескольких значениях коэффициента промыслового изъятия.

Работа состоит из четырёх разделов, введения и заключения.

В первом разделе представлено описание трески, как важного промыслового объекта Дальневосточных морей.

Во втором разделе представлено физико-географическое описание района промысла тихоокеанской трески.

В третьем разделе произведён анализ временных рядов уловов и запасов,

методы лова и прогнозирования.

Последний раздел представляет оценку запаса трески, полученную с помощью модели Шефера.

В заключении сформулированы выводы и оценена возможность применения этого способа для расчета последующего состояния запасов.

1. Тихоокеанская треска – важный промысловый объект дальневосточных морей

Тихоокеанская треска является одним из традиционных промысловых объектов прибрежного рыболовства в прикамчатских водах. В данной работе объектом исследования является именно основная часть тихоокеанской трески. Её распределение не ограничивается камчатским побережьем, но основная часть её обитания и жизненного цикла приходится на Берингово море и часть Охотского моря.

1.1 Промысловое значение и ареал трески

Тихоокеанская треска имеет очень важное промысловое значение для России, но её изучение началось относительно недавно в сравнении с большинством остальных промысловых объектов.

Несмотря на наметившуюся в 2006-2008 гг. тенденцию к некоторому увеличению запасов трески во всех трех районах, годовые уловы последних лет находились на уровне существенно ниже, чем в начале 1980-х годов.

Особенности динамики запасов и выявление межгодовых закономерностей динамики численности промысловых видов дальневосточных морей, как правило, затруднено тем обстоятельством, что статистика их уловов, за редким исключением, не превышает 30-40 лет.

Наиболее обеспеченной в информационном аспекте в нашем случае является группировка тихоокеанской трески, обитающей у юго-восточного побережья Камчатки.

Ареал обитания тихоокеанской трески достаточно обширный. Шельфовая зона и верхняя часть континентального склона Охотского моря являются одним из районов обширного ареала обитания тихоокеанской трески

в водах Северной Пацифики. Распространение трески отмечено у азиатского побережья – от Желтого моря до Анадырского залива и некоторых бухт Чукотского полуострова, у североамериканского – от п-ова Калифорния до широты о. Св. Лаврентия в Беринговом море. Нас же интересуют четыре района расположенных возле полуострова Камчатка, преимущественно в Беринговом море. Так же охватывается незначительная часть Охотского моря. Интересны нам следующие подзоны: Северо-Западная часть Берингова моря, Юго-Западная часть Берингова моря, Петропавловск-Командорская подзона, Западное побережье Камчатки. [3]

Юго-западная часть Берингова моря до середины 80-х гг. входила в состав рыбопромыслового района Восточной Камчатки, вылов по треске оценивался для всего восточного побережья.

Северо-западная часть Берингова моря является удалённой, по – этому лов трески здесь затруднён и лишь после поисковых экспедиций здесь начался крупномасштабный промысел.

Промысел на западном побережье Камчатки характеризуется в основном выловом средне тоннажного флота Северокурильской базы тралового флота в зимние и весенние месяцы.

В Петропавловск-Командорской подзоне промысел связан с особенностями гидрологического режима и в настоящее время является более результативным.

Ареал обитания тихоокеанской трески представлен на рисунке 1.1 [4].

Треска на рис.1.1 обозначена розовым цветом. На рисунке хорошо видно, что выделяются 4 подзоны обитания трески. Все подзоны совпадают с интересующими нас. Хорошо видно, что Петропавловск-Командорская подзона сейчас является наиболее важным объектом промысла тихоокеанской трески. [4]

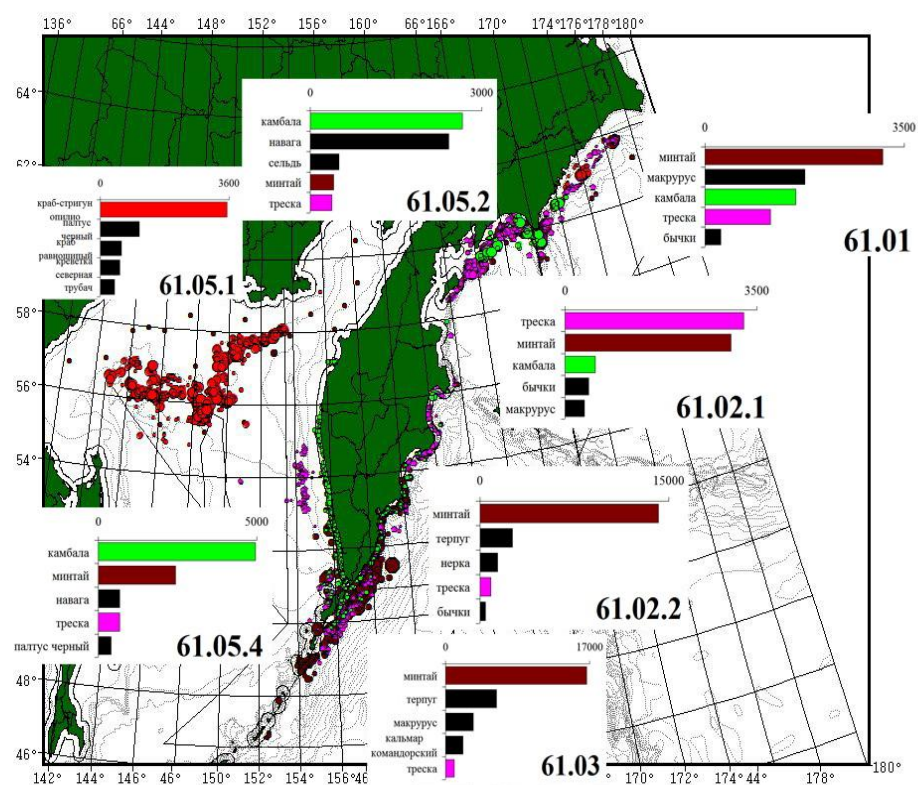


Рисунок 1.1 Карта распределения промысловых видов рыб в Дальневосточных морях РФ.

1.2 Экологические и биологические особенности тихоокеанской трески

Тихоокеанская треска имеет вальковатое тело, широкую голову и длинный усик на нижней челюсти. Голова у нее относительно крупнее и шире, чем у атлантической трески. Она сильно отличается от атлантической трески строением рожкообразных выростов переднего конца плавательного пузыря, которые у нее гораздо короче, чем у атлантической. Окраска спины и боков зеленовато-серая, брюхо светлое. Спинных плавников 3, анальных-2. Боковая линия сплошная, светлая, тянется до конца основания третьего спинного плавника.

В водах Приморья треска встречается повсеместно. Широко представлена в Японском, Охотском и Беринговом морях, а также у берегов

Северной Америки на юг до Орегона, в тихоокеанских водах Японии, в Желтом море, у берегов Кореи и Китая.

Тихоокеанская треска достигает довольно крупных размеров - длины 125 см и массы 24 кг. Живет до 15 лет. В промысловых уловах преобладают особи в возрасте 4-8 лет, длиной 45-70 см и массой 2,0-4,5 кг. Придонный стайный вид. Обитает в придонных горизонтах на шельфе и у верхней кромки материкового склона в водах с температурой от -1,5 до +18 °С. Максимальные концентрации отмечаются в водах с температурой от 0 до 5 °С. Впервые тихоокеанская треска созревает в возрасте 4-6 лет при длине 40-50 см. Нерест в водах зал. Петра Великого проходит в феврале-апреле над глубинами 100-150 м, в Северном Приморье - над большими глубинами. Плодовитость составляет 7,0-9,0 млн. икринок. Икра донная, мелкая, диаметром 1,25-1,30 мм, развивается в придонных слоях. Инкубационный период длится от 10 до 20 дней в зависимости от температуры воды. После нереста треска мигрирует к прибрежному мелководью с глубинами 20-70 м, где интенсивно питается. Будучи холодолюбивой рыбой, тихоокеанская треска после прогрева прибрежных вод отходит от берегов на глубины 80-120 м и более, где держится весь летний период. В осенне-зимний сезон значительных перемещений она не совершает, обитая в зоне глубин 140-250 м. Зимой может иногда выходить и на меньшие глубины, встречаясь изредка в уловах вентерей, выставляемых в Амурском заливе на навагу. Треска Северного Приморья имеет сходный сезонный тип миграции. Средняя длина ее в промысловых скоплениях составляет 65-75 см.

Тихоокеанская треска характеризуется широким спектром потребляемых пищевых объектов, в число которых входят различные группы беспозвоночных животных и рыб. Неполовозрелые особи (длиной менее 40 см) питаются преимущественно мелкими донными и придонными ракообразными, червями, молодью бычков, камбал и других рыб. Крупная

треска питается в основном рыбой - минтаем, сельдью, песчанкой, камбалой, а также кальмарами и осьминогами.

Мясо тихоокеанской трески характеризуется малым содержанием жира и большим количеством влаги. Можно отметить, что у половозрелой тихоокеанской трески после нереста (февраль-май) мясо становится более обводненным и менее вкусным. В результате интенсивного питания треска к осени достигает, нормальной упитанности. У трески содержание влаги в мышцах у всех возрастных групп имеет сезонные колебания. В апреле-мае треска имеет наиболее обводненное мясо (81% (влаги в мясе мелкой и 83,5% - в мясе крупной трески). Затем происходит постепенное снижение содержания влаги, которое в августе стабилизируется и держится на уровне 80-81,5% до января-февраля, когда влагосодержание в мясе начинает резко увеличиваться. Химический состав мяса атлантической и тихоокеанской трески изменяется практически в одних и тех же пределах, однако верхние пределы содержания жира и белка в мясе тихоокеанской трески более высокие, чем в мясе атлантической.

Мясо трески отличается от мяса других видов семейства тресковых повышенным, содержанием небелкового азота (13-15% к общему азоту). Мясо трески содержит очень много ансерина (150 мг%), бетаина (102 мг%), окиси триметиламина {400-600 и до 1080 мг%), но в мясе нет гистидина и карнозина, а содержание мочевины (1,8-2,7 мг%) и креатина (350-580 мг%) различий нет. В мясе трески несколько меньше свободных аминокислот, чем в мясе других видов донных рыб, причем в составе свободных аминокислот меньше незаменимых, особенно метионина, лизина и циклических аминокислот; среди заменимого низкого содержания моно-аминокислот, аргинина, пролина и тирозина. В мясе трески присутствуют все важные водорастворимые витамины (γ%): В₁ 50-95, В₂ 110-830, В_с, 10-12, В₁₂ 0,7-1,4, РР 1000-3200 и пантотеновой кислоты 50-200. В мясе трески обнаружен полноценный комплекс элементов, входящих в состав минеральных веществ мяса (мг % к

весу сырого вещества): калий 220-240, Кальций 11-30, магний 24-140, фосфор 170-230, железо 0,5-1,1, цинк 6-10 (γ %), йод 90-120, марганец 50-60, медь 60-70, кобальт 20-30, молибден 6-10, бром 0,5-0,6. Ткани частей тела тихоокеанской трески содержат мало жира, за исключением печени.

Содержание жира в печени и витамина А в печеночном жире изменяется в больших пределах, причем это непостоянство проявляется во всех районах лова тихоокеанской трески.

1.3 Характеристика и методы лова тихоокеанской трески

Треска очень важная промысловая рыба и способов лова трески очень много. Добывается крючковыми снастями (ярусами и удочками) и тралящими орудиями лова (снюррневодами и тралами). При подходах к берегу попадает в ставные невода. Следует учесть, что при использовании крючковых орудий лова добывается треска более крупных размеров и им нужно отдавать предпочтение перед тралами.

Объектами тралового лова являются треска, пикша, морской окунь, камбала, палтус, хек, сардина, скумбрия, ставрида, сельдь, мерлуза, морской карась и т. д. Кроме того, тралами ловят нерыбные объекты -- креветок, криля, кальмаров.

Траловый лов широко применяют во всех странах с развитой рыбной промышленностью - в России, Японии, США, Норвегии, Германии и т.д. Он дает примерно 2/3 мирового улова рыбы и около 3/4 добычи рыбы в России.

Широкому распространению тралового лова способствуют его универсальность, высокая активность, автономность, сравнительная простота механизации и автоматизации, возможность полной или частичной переработки рыбы на судах, высокая производительность и экономическая эффективность.

Орудия и способы тралового лова отличаются значительным разнообразием.

В зависимости от горизонта хода тралы делят на донные, придонные, разноглубинные и универсальные. Донные тралы предназначены для работы по дну водоема, придонные - в непосредственной близости от него, разноглубинные- в толще воды. Универсальные тралы способны работать в донном, придонном и разноглубинном вариантах.

Различают тралы для работы с борта и с кормы, с применением и без применения физических средств интенсификации лова, тралы с гидромеханизацией и без гидромеханизации.

Обычно судно работает одновременно одним тралом. Однако известны способы тралового лова, когда с одного судна одновременно ловят несколькими тралами или сдвоенными тралами.

Траловая система (ТС) - это совокупность таких объектов, как промысловое судно, ваерные лебедки, ваерные блоки, ваеры, траловые доски, кабели, сетная оболочка трала, оснастка гидродинамическим щитком (ГДЩ) верхней подборы, распределенный груз (якорные цепи) и сосредоточенный груз (грузы-углубители) нижней подборы, выполняющих общую функцию лова рыбы тралом.

2. Физико-географическое описание района обитания тихоокеанской трески

Цепочка дальневосточных морей вытянута с северо-востока на юго-запад почти на 5000 км. На западе они сталкиваются с материковым побережьем Азии, а с востока – с дугами Алеутских, Курильских и Японских островов. Таким образом, эти моря занимают рубежное положение между крупнейшим материком и самым большим океаном планеты. Они относятся к окраинным океаническим морям.

Для рельефа дна морей Дальнего Востока, исключая Берингово, характерно слабое развитие шельфа и значительные пространства, занятые большими глубинами.

2.1 Природно-климатическая характеристика

Главная черта климата этого района - его муссонный характер. Вследствие большой протяженности морей с севера на юг муссоны здесь неодинаковы. Муссоны наиболее ярко выражены в Японском море, менее заметны в северной части Охотского, в Беринговом море проявляются лишь в южной части.

Отличительная черта природы рассматриваемых морей - небольшой материковый сток в них. Вследствие большого объема вод этих морей речной сток не оказывает на них существенного влияния. Воздействие речных вод ощущается в прибрежной зоне возле устьев крупных рек, где наблюдается опреснение поверхностного слоя весной и летом.

Один из наиболее важных факторов формирования гидрологических условий всех трех дальневосточных морей - водообмен через многочисленные проливы с сопредельными районами Тихого океана и соседними бассейнами.

Берингово и Охотское моря свободно сообщаются с океаном и обмениваются с ним водами до больших глубин (1000-2000 м).

Во всех рассматриваемых морях хорошо выражены приливы, величины которых определяются в каждом конкретном месте очертанием берегов и рельефом дна.

В дальневосточных морях, омывающих берега России, ежегодно образуются только однолетние льды. Однако большая протяженность морей с севера на юг делает существенно различными ледовые условия в каждом море.

Самое северное из морей Дальнего Востока, самое крупное и глубокое среди морей, омывающих берега России, Берингово море вклинено между Азией и Америкой. Оно отделено от Тихого океана островами Командорско-Алеутской дуги. Последняя ограничивает море с юга, на севере граница проходит по линии мыс Новосильского-мыс Йорк.

Берингово море занимает площадь 2315 тыс. км², его объем - 3796 тыс. км³, средняя глубина - 1 640 м, наибольшая глубина - 4097 м.

В рельефе дна моря четко выделяются: шельф и островные отмели, материковый склон, глубоководная котловина. Шельфовая зона с глубинами до 200 м в основном расположена в северной и восточной частях моря, занимая более 40% его площади. Материковый склон с глубинами от 200 до 3000 м значительно удален от берега, имеет сложный рельеф и занимает примерно 13% площади моря. Глубоководная котловина с глубинами 3000-4000 м расположена в юго-западной и центральной частях моря, характеризуется относительно выровненным рельефом, ее площадь несколько превышает 40% площади моря.

Берингово море почти полностью находится в субарктической климатической зоне, только самая северная часть относится к арктической, а самая южная - к зоне умеренных широт. Севернее 55-56° с. ш. в климате моря,

особенно в прибрежных районах, заметно выражены континентальные черты; к югу от 55-56° с. ш. климат типично морской.

Зимой над морем преобладают северо-западные, северные и северо-восточные ветры. Скорость ветра в прибрежной зоне в среднем 6-8 м/с, а в открытых районах от 6 до 12 м/с. Температура воздуха понижается с юга на север. В самые холодные месяцы (январь - февраль) она равна 1-4° в юго-западной и южной частях моря и - 15... -20° - в северных и северо-восточных районах. У берегов Аляски она может понижаться до -40...-48°.

В теплый сезон преимущественно дуют юго-западные, южные и юго-восточные ветры со скоростью 4-7 м/с. Только в южной части моря, куда проникают тропические циклоны (тайфуны), они вызывают сильнейшие штормы с ветрами ураганной силы. Лето довольно прохладное. В самые теплые месяцы (июль - август) среднемесячная температура воздуха изменяется от 4 ° на севере до 13 ° на юге, причем у берегов она выше, чем в открытых районах.

При очень большом объеме вод Берингова моря речной сток в него невелик и равен примерно 400 км³ в год. Его большая часть поступает в самую северную часть моря, куда впадают наиболее крупные реки: Юкон (176 км³/год), Кукоквим (50 км³/год) и Анадырь (1 км³/год). Около 80% годового стока приходится на летние месяцы. Влияние речных вод ощущается в основном в прибрежной зоне на севере моря.

Существенное влияние на гидрологические условия моря оказывает водообмен через Алеутские проливы, благодаря которому в море поступает большое количество поверхностных и глубинных тихоокеанских вод. Через Камчатский и в меньшей степени через Берингов пролив поверхностные воды вытекают из моря. Водообмен между морем и океаном влияет на распределение температуры и солености, формирование структуры и общей циркуляции вод Берингова моря.

Соленость поверхностных вод моря изменяется от 33,0‰ на юге до 31,0‰ на востоке и северо-востоке и 28,6‰ в Беринговом проливе. Некоторое распреснение вод происходит весной и летом в приустьевых участках моря. Вертикальное распределение солености почти одинаково во все сезоны года. От поверхности до горизонтов ТОО-125м она примерно равна 33,0-33,3‰. Ее некоторое увеличение происходит от 125-150 м до 200-250 м, глубже она остается почти неизменной до дна.

Температура воды на поверхности моря понижается с юга на север, причем в западной части моря воды несколько холоднее, чем в восточной. Зимой на юге западной части моря температура воды на поверхности обычно равна 1 -3 °, а в восточной части 2-3°. На севере температура воды держится в пределах от 0 ° до -1,5 °. Летом поверхностная температура воды повышается до 8-11° на юге моря и до 4-6° в его северных районах. Температура воды изменяется с глубиной. Зимой поверхностная температура, равная примерно 2°, распространяется до горизонтов 140-150 м, далее она повышается и с глубины 200-250 м до дна составляет около 3,5°. Летом температура воды 7-8° прослеживается от поверхности до глубины 10-15 м, откуда она резко (до 2,5°) понижается до глубины 50 м, а у дна равна 3 °. По мере продвижения на юг и приближения к Алеутским проливам расслоенность вод постепенно стирается, и они становятся более однородными.

Сложное взаимодействие ветров, притока вод через проливы Алеутской гряды и других факторов создает два устойчивых круговорота в центральных районах моря. Один из них - большой, направленный против часовой стрелки, охватывает глубоководную часть моря, другой, менее значительный, направлен по часовой стрелке. Скорости постоянных течений в районе проливов 25-50 см/с, а в открытом море 5-15 см/с.

В Беринговом море наблюдаются суточные приливы в районе Алеутских островов, у Корякского берега и у Чукотки. Отмечаются полусуточные приливы. Величина приливов не превышает 2 м.

Циклоническая деятельность вызывает значительное ветровое волнение в море. Особенно сильное волнение развивается в осенне-зимнее время с ноября по май. При продолжительных сильных ветрах высота волн достигает 6-8 м, а при ветрах 20-30 м/с образуются волны высотой до 10 м. В летнее время море бывает более спокойным.

Большую часть года значительная часть Берингова моря покрыта льдом местного происхождения. Раньше всего льдообразование начинается в северо-западной части, где лед появляется в октябре, затем он образуется южнее. В течение зимы вся северная часть моря, примерно до 60° с. ш., заполняется льдом, толщина которого достигает до 6 м. Однако даже во время наибольшего развития ледяного покрова вся площадь моря не покрывается льдом. Преобладают дрейфующие льды. С мая лед начинает разрушаться, его кромка отступает на север. В течение июля и августа море свободно ото льда.

Охотское море одно из наиболее крупных и глубоких морей. Его площадь равна 1603 тыс. км², объем - 1316 км³, средняя глубина - 821 м, наибольшая глубина - 3521 м. Протяженность береговой линии вместе с островами - 10 460 км. Очертания берегов сложные, особенно в западной и северо-восточной частях моря.

В цепочке российских дальневосточных морей это море занимает срединное положение. Оно довольно глубоко вдается в Азиатский материк, а от Тихого океана отделено Камчаткой и дугой Курильских островов. От соседнего Японского моря его отделяет остров Сахалин, а соединяют с ним проливы Невельского и Лаперуза. Охотское море значительно вытянуто с северо-востока на юго-запад и расширено в центральной части.

Рельеф дна Охотского моря разнообразен. Северная и северо-западная части представляют собой материковую отмель (шельф) шириной от 200 до 400 км. Шельф занимает 22% площади дна. Почти вся остальная часть моря (около 70%) находится в пределах материкового склона с глубинами от 200 до 1 500 м. Материковый склон крутой и неровный. На нем выделяются

отдельные подводные возвышенности, впадины и желоба. Самая глубокая часть моря (более 2500 м) представляет собой участок ложа, занимающего всего 8% общей площади дна. Он вытянут вдоль Курильских островов и постепенно сужается от 200 км против острова Итуруп до 80 км возле пролива Крузенштерна.

Охотское море характеризуется муссонным климатом умеренных широт. Значительная часть моря на западе глубоко вдается в материк и расположена сравнительно недалеко от полюса холода Северного полушария, поэтому главный источник холода для этого моря находится на западе, а не на севере. Высокие хребты Камчатки затрудняют проникновение теплого тихоокеанского воздуха на пространства моря. Только на юго-востоке и юге море открыто Тихому океану и Японскому морю, откуда поступает теплый воздух. Влияние охлаждающих факторов оказывается сильнее, чем отепляющих, поэтому Охотское море в целом весьма холодное. Однако его большая протяженность с севера на юг обуславливает значительные пространственные различия метеорологических условий на море.

В холодную часть года (с октября по апрель) господствуют сильные устойчивые северо-западные и северные ветры, нередко достигающие штормовой силы. Зимой скорость ветра обычно равна 10 - 11 м/с. Средняя температура воздуха в самом холодном месяце - январе равна на северо-западе моря $-20... -25^{\circ}$, в центральных районах примерно - $10... -15^{\circ}$, на юго-востоке $-5... -6^{\circ}$.

В теплый сезон (с мая по октябрь) над морем преобладают слабые юго-восточные ветры. Тихоокеанский (летний) муссон слабее азиатского (зимнего), т. к. пространственные различия атмосферного давления в летнее время невелики. Средняя месячная температура воздуха в самом теплом месяце - августе понижается с юго-запада (18°) на северо-восток ($10 - 12^{\circ}$). В летние месяцы на юге моря довольно часто наблюдаются тропические циклоны - тайфуны.

В Охотское море впадает много рек, преимущественно небольших. Общий материковый сток равен примерно $600 \text{ км}^3/\text{год}$, примерно 65% стока дает Амур. Речной сток поступает в море главным образом весной и в начале лета. Его наибольшее влияние ощущается в прибрежной зоне, возле устьев крупных рек.

Важную роль в формировании гидрологических условий в Охотском море играет водообмен через Курильские проливы. В южных проливах (Екатерины, Фриза) в верхних слоях преобладает сток охотоморских вод, а в верхних слоях северных проливов, например, в Первом и Втором Курильских, в основном идет приток в море тихоокеанских вод.

Температура воды на поверхности моря понижается с юга на север. Зимой почти повсеместно поверхностные воды охлаждаются до температуры замерзания, равной $-1,5... - 1,8^\circ$. Лишь возле Курильских проливов температура воды на поверхности равна $2,5 - 3,0^\circ$.

Летом поверхностные воды моря прогреты до температуры $10--12^\circ$ в центральных районах. Наиболее холодные ($6--7^\circ$) поверхностные воды наблюдаются у острова Ионы, мыса Пьягина и пролива Крузенштерна. Изменение температуры воды с глубиной происходит различно в разных районах моря.

Для вертикального распределения температуры воды летом характерен холодный промежуточный слой - остаток зимнего охлаждения моря. В его разных районах он залегает на разных горизонтах.

Под влиянием атмосферных процессов и притока вод через Курильские проливы в море формируется система течений, охватывающая почти всю акваторию. Сильные течения обходят море вдоль береговой черты против часовой стрелки: теплое Камчатское течение, направленное к северу в залив Шелихова; поток западного, а затем юго-западного направлений вдоль северных и северо-западных берегов моря; устойчивое холодное Восточно-Сахалинское течение, идущее на юг, и довольно сильное теплое течение Соя,

входящее в Охотское море через пролив Лаперуза. Скорости течений на поверхности моря у западных берегов Камчатки - 10 - 20 см/с, в Сахалинском заливе - 30 - 45 см/с, у Курильских проливов - 15 - 40 см/с, в потоке Соя - 50 - 90 см/с. В центральной части моря скорости уменьшаются до 5 - 10 см/с.

Значительные размеры и сильные ветры обуславливают развитие в море сильного волнения. Особенно бурным оно бывает осенью, а в безледных районах и зимой. На эти сезоны приходится 55 - 70% штормового волнения, в т. ч. с высотами волн 4 - 6 м, а наибольшие высоты волн достигают 10 - 11 м. Самые беспокойные - южный и юго-восточный районы моря.

В Охотском море хорошо развиты приливы. Наиболее распространены суточные приливы. Самая большая величина прилива (до 13 м) наблюдается в Пенжинской губе (мыс Астрономический). Это наибольший прилив на побережье российских морей. В районе Шантарских островов величина приливов превышает 7 м, а в северной части моря она достигает 5 м. Наименьшие приливы отмечаются у восточного берега Сахалина.

Зимой почти все море покрывается льдом. Льдообразование начинается в ноябре, а в январе и феврале льды достигают наибольшего распространения. В море преобладают дрейфующие льды, а у неглубоких берегов северных районов встречается припай. Толщина льдов к концу зимы достигает 0,8 - 1,0 м. Лед исчезает в среднем в конце мая - начале июня. В летние месяцы море свободно от льдов. Лишь возле Шантарских островов они могут сохраняться и летом [3].

3. Изменчивость запасов и уловов тихоокеанской трески

Изменчивость запаса и улова тихоокеанской трески обусловлена множеством факторов. Во–первых, промысловым объектом тихоокеанская треска стала относительно недавно. Её масштабное изучение и анализ запасов начались ещё позже. Во–вторых, в конце 80-х, начале 90-х гг. 20 века был произведён колоссальный вылов, который подорвал и ослабил популяцию тихоокеанской трески.

3.1 Изменчивость запасов и уловов тихоокеанской трески в Беринговом и Охотском морях и в прилегающей зоне Тихого океана

Тихоокеанская треска имеет ареал обитания, согласно которому уловы производятся в основном в Беринговом и Охотском морях. Так же ареал её обитания распространяется практически на 5000 километров вдоль Пацифики и к Западному побережью США. Нами могут быть исследованы 4 подзоны в Беринговом и Охотском морях: юго-западная и северо-западная части Берингова моря, Петропавловск-Командорская подзона и западное побережье Камчатки. [2]

По этим четырём подзонам были составлены сорокалетние временные ряды по запасам и уловам тихоокеанской трески.

В таблице 1 представлены запасы тихоокеанской трески в северо-западной части Берингова моря, составленные тремя способами: общая биомасса, рассчитанная по результатам съёмок, общая биомасса, рассчитанная с помощью ВПА, биомасса промыслового запаса; а также её улов.

Таблица 3.1 - Значение биомассы общего и промыслового запасов и вылова для северо-западной части Берингова моря.

Год	Биомасса общая съёмки, тыс.т	Биомасса общая (ВПА), тыс.т	Биомасса промыслового запаса, тыс.т	Вылов, тыс.т
1968	—	—	—	8
1969	—	—	—	40
1970	—	—	—	63
1971	—	—	—	95
1972	—	—	—	22
1973	—	—	—	12
1974	—	—	—	9
1975	—	—	—	2
1976	—	—	—	0,5
1977	—	—	—	1
1978	—	—	—	0,5
1979	—	—	—	0,7
1980	—	—	—	4
1981	—	470	270	13
1982	—	490	290	19
1983	—	510	280	25
1984	—	520	270	44
1985	390	500	245	48
1986	—	450	210	59
1987	—	470	160	39
1988	—	500	150	36
1989	—	480	160	37
1990	280	500	170	42
1991	270	560	175	50
1992	260	490	190	59
1993	—	410	180	55
1994	310	410	145	25
1995	270	400	145	26
1996	350	330	150	45
1997	—	430	120	27
1998	—	490	130	21
1999	—	390	150	28
2000	110	400	150	21
2001	—	440	160	23
2002	110	480	210	25
2003	100	480	215	18

Год	Биомасса общая съёмки, тыс.т	Биомасса общая (ВПА), тыс.т	Биомасса промыслового запаса, тыс.т	Вылов, тыс.т
2004	—	380	210	18
2005	—	300	170	17
2006	120	230	150	18
2007	—	210	115	16
2008	330	190	130	18
2009	—	220	170	17

Для того, чтобы наглядно оценить запасы тихоокеанской трески в северо-западной части Берингова моря обратимся к рисунку 3.1.

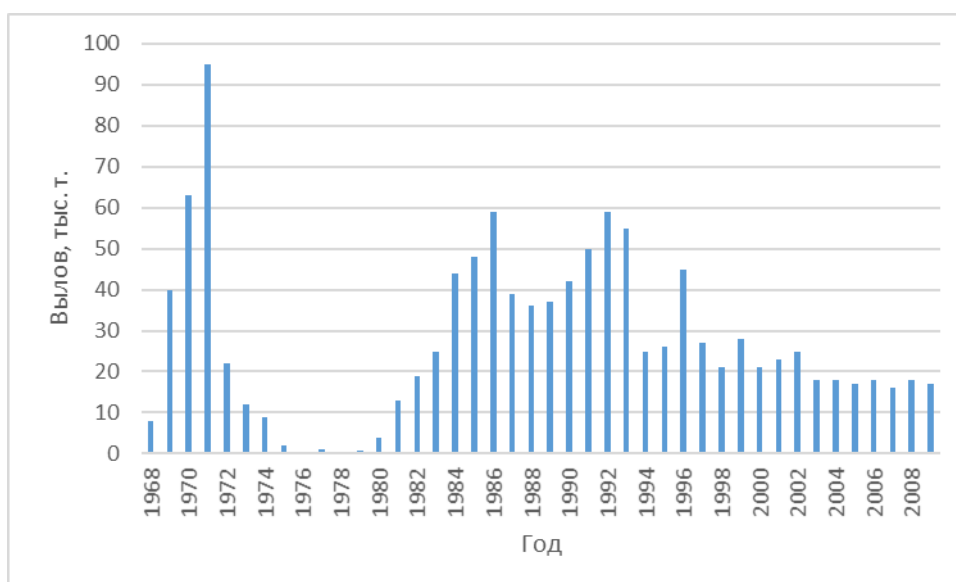


Рисунок 3.1 - Значение годовых уловов тихоокеанской трески в северо-западной части Берингова моря.

В таблице 3.2 представлены запасы тихоокеанской трески в юго-западной части Берингова моря, составленные двумя способами: биомасса промзапаса, полученная с помощью съёмок, биомасса промзапаса, полученная с помощью ВПА; а также её улов.

Таблица 3.2 - Значение запасов промысловой биомассы и вылова для юго-западной части Берингова моря.

Год	Биомасса промыслового запаса (съёмки), тыс.т	Биомасса промыслового запаса (ВПА), тыс.т	Вылов, тыс.т
1968	10	—	6
1969	12	—	7
1970	45	—	8
1971	40	30	9
1972	15	30	8
1973	38	28	7
1974	30	27	5
1975	33	26	2,5
1976	22	24	3
1977	—	27	2,5
1978	18	33	2,7
1979	20	40	3
1980	32	49	7,5
1981	97	60	11
1982	25	70	20
1983	175	98	15
1984	190	110	34
1985	75	112	16
1986	70	75	17
1987	130	70	11
1988	75	65	20
1989	80	70	19
1990	115	68	29
1991	270	75	20
1992	260	70	23
1993	—	72	21
1994	—	75	24
1995	—	90	24
1996	105	99	26
1997	101	85	15
1998	—	75	20
1999	—	76	16
2000	—	70	15
2001	32	70	14

Год	Биомасса промыслового запаса (съёмки), тыс.т	Биомасса промыслового запаса (ВПА), тыс.т	Вылов, тыс.т
2001	32	70	14
2002	10	60	7
2003	45	61	13
2004	45	60	11
2005	—	59	9
2006	90	75	14
2007	101	90	16
2008	105	90	19
2009	—	89	16

Для того, чтобы наглядно оценить запасы тихоокеанской трески в северо-западной части Берингова моря обратимся к рисунку 3.2.

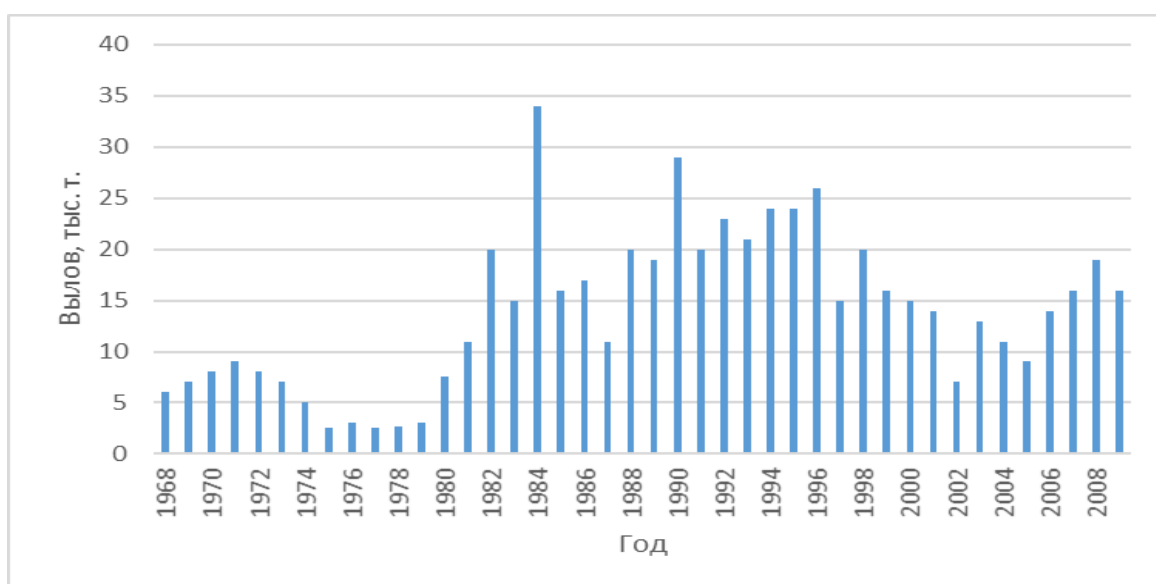


Рисунок 3.2 Значение годовых уловов тихоокеанской трески в юго-западной части Берингова моря.

В таблице 3.3 представлена биомасса промзапаса тихоокеанской трески, рассчитанная, с помощью ВПА в Петропавловск-Командорской подзоне, а также её улов.

Таблица 3.3 - Значение запасов промысловой биомассы и вылова для
Петропавловск-Командорской подзоны.

Год	Биомасса промыслового запаса (ВПА), тыс.т	Вылов, тыс.т
1968	60	2
1969	60	6
1970	60	8
1971	60	10
1972	65	9
1973	70	9
1974	75	10
1975	77	8
1976	80	9,5
1977	76	4
1978	90	3
1979	125	3
1980	175	4
1981	240	10
1982	295	25
1983	330	19
1984	340	26
1985	330	39
1986	280	57
1987	200	75
1988	148	61
1989	135	33
1990	130	29
1991	115	31
1992	100	29
1993	85	24
1994	90	11
1995	95	8
1996	93	16
1997	90	15
1998	75	25
1999	50	24
2000	48	25
2001	47	9
2002	46	12

Год	Биомасса промыслового запаса (ВПА), тыс.т	Вылов, тыс.т
2003	45	11
2004	46	11,5
2005	47	11
2006	48	10
2007	49	5
2008	50	6
2009	50	10

Для того, чтобы наглядно оценить запасы тихоокеанской трески в северо-западной части Берингова моря обратимся к рисунку 3.3.

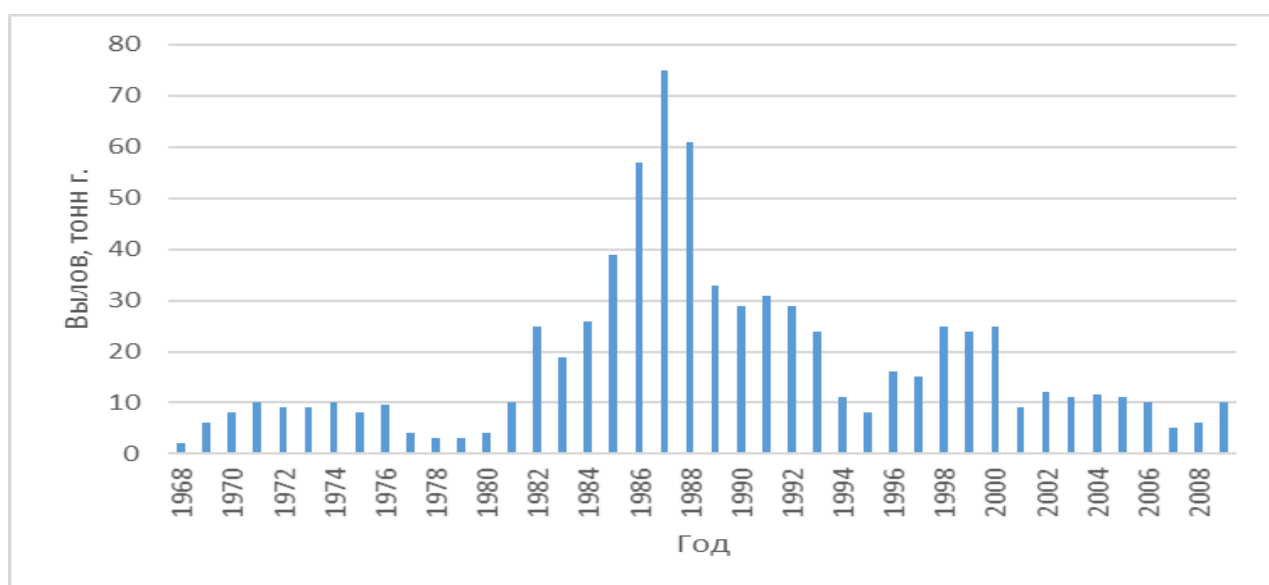


Рисунок 3.3 Значение годовых уловов тихоокеанской трески в Петропавловск-Командорской подзоне.

В таблице 3.4 представлены запасы тихоокеанской трески на западном побережье Камчатки, составленные двумя способами: общая биомасса, рассчитанная с помощью съёмок, биомасса промзапаса, полученная с помощью ВПА; а также её улов.

Таблица 3.4 - Значение запасов промысловой биомассы и вылова для западного побережья Камчатки.

Год	Биомасса общая (съемки), тыс.т	Биомасса промыслового запаса (ВПА), тыс.т	Вылов, тыс.т
1968	—	—	4
1969	—	—	7
1970	—	—	9
1971	—	—	11
1972	—	—	7
1973	—	—	4
1974	—	—	3,5
1975	—	—	3
1976	—	—	3,5
1977	—	—	2,5
1978	—	—	4
1979	—	—	4
1980	—	—	5
1981	—	—	4,5
1982	270	—	13
1983	240	—	21
1984	—	—	17,5
1985	98	—	22
1986	400	360	19
1987	195	90	17,5
1988	260	195	29
1989	215	85	7,5
1990	345	250	9
1991	380	275	12
1992	320	240	31
1993	245	175	22
1994	145	100	17,5
1995	105	80	17
1996	115	85	18
1997	140	100	12
1998	90	60	22
1999	50	35	31,5
2000	35	30	22
2001	36	25	20

Год	Биомасса общая (съёмки), тыс.т	Биомасса промыслового запаса (ВПА), тыс.т	Вылов, тыс.т
2002	50	37	25
2003	49	36	10,5
2004	—	42	9,5
2005	70	41	12,5
2006	71	60	12
2007	98	55	11
2008	130	90	12
2009	40	40	8

Для того, чтобы наглядно оценить запасы тихоокеанской трески в северо-западной части Берингова моря обратимся к рисунку 3.4.

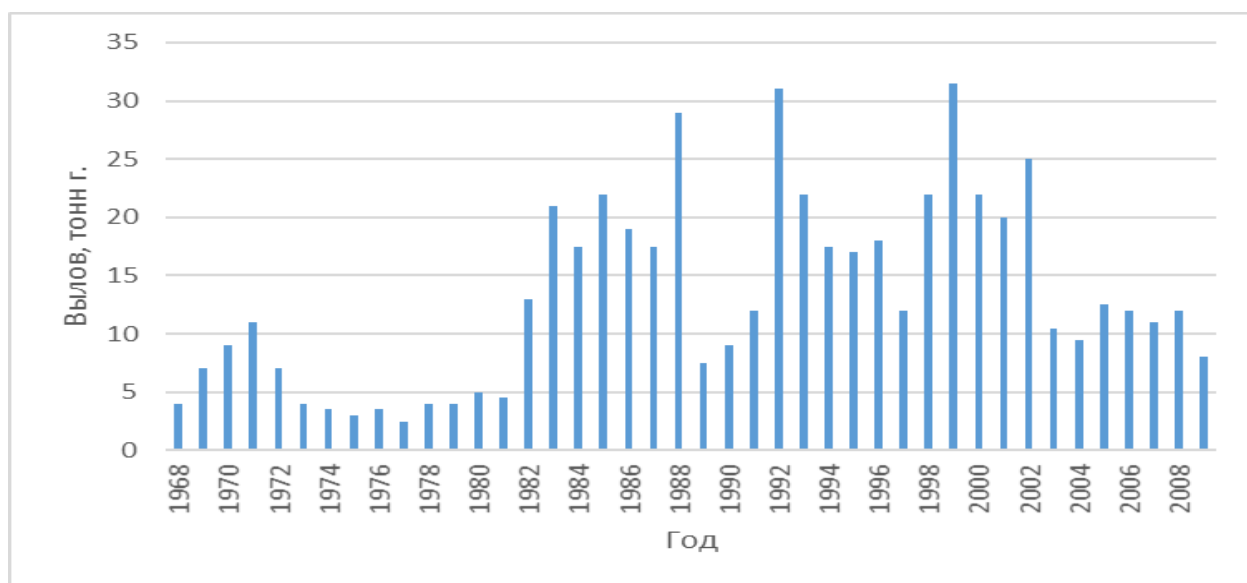


Рисунок 3.4 - Значение годовых уловов тихоокеанской трески на западном побережье Камчатки

Рассматривая данные о запасах и уловах по четырём подзонам видно, что самыми длинными и надёжными рядами значений биомассы являются ряды биомассы промыслового запаса. Следовательно, для анализа и прогноза будем использовать просуммированную по всем четырём подзонам биомассу

промыслового запаса. Длина этих временных рядов 24 года. Это обуславливается тем, что контроль вылова начался в 1968 году, а надёжный контроль биомассы был начат в середине 80-х годов.

Суммарные значения промыслового запаса и суммарный улов по всем четырём зонам представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Суммарное значение запасов промысловой биомассы и вылова тихоокеанской трески по четырём подзонам

Год	Вылов, тыс.т	Биомасса, тыс.т
1968	20	—
1969	60	—
1970	88	—
1971	125	—
1972	46	—
1973	34	—
1974	27,5	—
1975	15,5	—
1976	16,5	—
1977	10	—
1978	10,5	—
1979	10,7	—
1980	15	—
1981	38,5	—
1982	77	—
1983	80	—
1984	121,5	—
1985	155	—
1986	152	925
1987	142,5	520
1988	146	558
1989	98,5	450
1990	109	618
1991	113	640
1992	141	600
1993	129	512
1994	74,5	410
1995	75	410

Год	Вылов, тыс.т	Биомасса, тыс.т
1996	105	427
1997	70	395
1998	88	340
1999	99,5	311
2000	83	298
2001	66	302
2002	69	353
2003	52,5	357
2004	50	358
2005	49,5	317
2006	54	333
2007	48	309
2008	55	360
2009	51	349

Для того, чтобы провести графическое соответствие биомассы и улова построим график. На рисунке 3.5 видно, что улов и биомасса напрямую связаны, так как максимумы и минимумы, снижение и возрастание того и другого схожи.

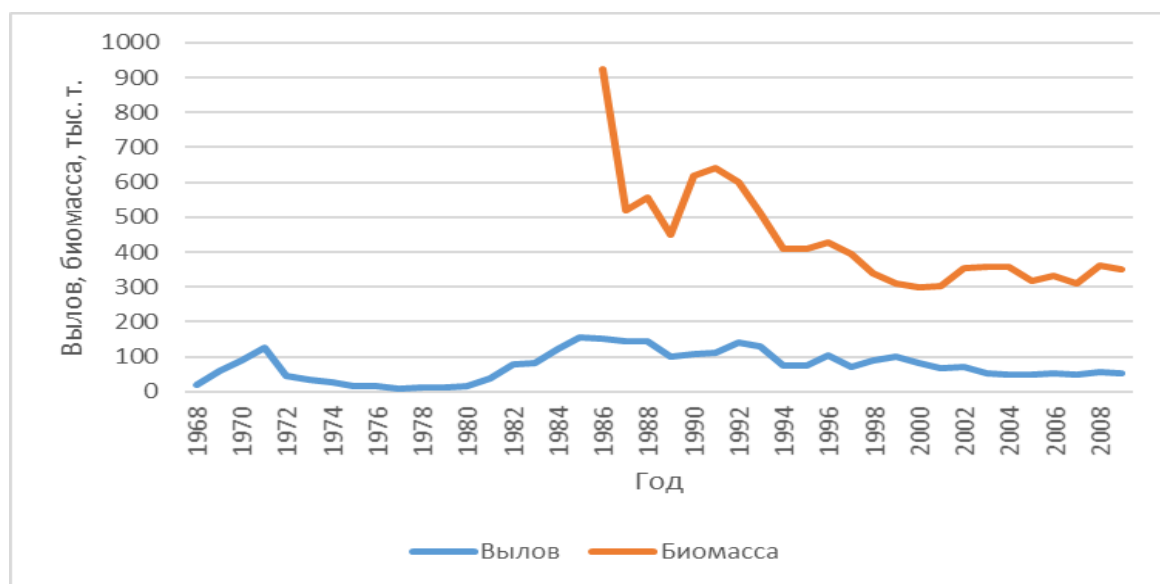


Рисунок 3.5 – Суммарное значение годовых уловов и запасов тихоокеанской трески по четырём подзонам

Максимальные запасы наблюдались в 1986 году, тогда же были достигнуты максимальные выловы. Затем до начала 90-х произошло резкое снижение запасов и уловов. В 91-92 гг наблюдался промежуточный максимум до 640 тыс. т. И затем до настоящего времени длительный спад до 2009 года. К сожалению, дальнейших данных найдено не было. Этот спад может быть вызван как естественными колебаниями численности трески, так и переловами в середине 80-х годов. Об этом указывается в источнике [1].

Для того, чтобы удостовериться в правдивости источника сравним показания из таблицы 3.5 с таблицей 3.6, составленной по второму источнику [2].

Таблица 3.6 – Суммарное значение вылова, обще допустимого улова (ОДУ) и процента освоения тихоокеанской трески в дальневосточных морях РФ.

Год	ОДУ, тыс.т	Вылов, тыс.т	% освоения
1968	—	—	—
1969	—	—	—
1970	—	—	—
1971	75	100	150
1972	100	48	50
1973	110	15	20
1974	80	25	50
1975	60	25	50
1976	25	25	100
1977	25	18	60
1978	25	17	60
1979	30	18	50
1980	50	25	60
1981	51	45	80
1982	30	80	250
1983	22	75	300
1984	115	130	100
1985	120	135	100
1986	150	170	100

Год	ОДУ, тыс.т	Вылов, тыс.т	% освоения
1987	150	130	75
1988	175	150	80
1989	170	130	70
1990	160	130	75
1991	230	105	50
1992	210	140	60
1993	190	98	55
1994	225	95	50
1995	220	98	50
1996	180	110	60
1997	175	100	55
1998	190	95	50
1999	175	140	80
2000	140	80	60
2001	140	80	60
2002	105	80	80
2003	70	60	90
2004	95	75	80
2005	75	70	100
2006	70	60	95
2007	65	50	100
2008	70	50	105
2009	90	75	80

На рисунке 3.6 представлено значение уловов тихоокеанской трески в дальневосточных морях РФ согласно второму источнику.

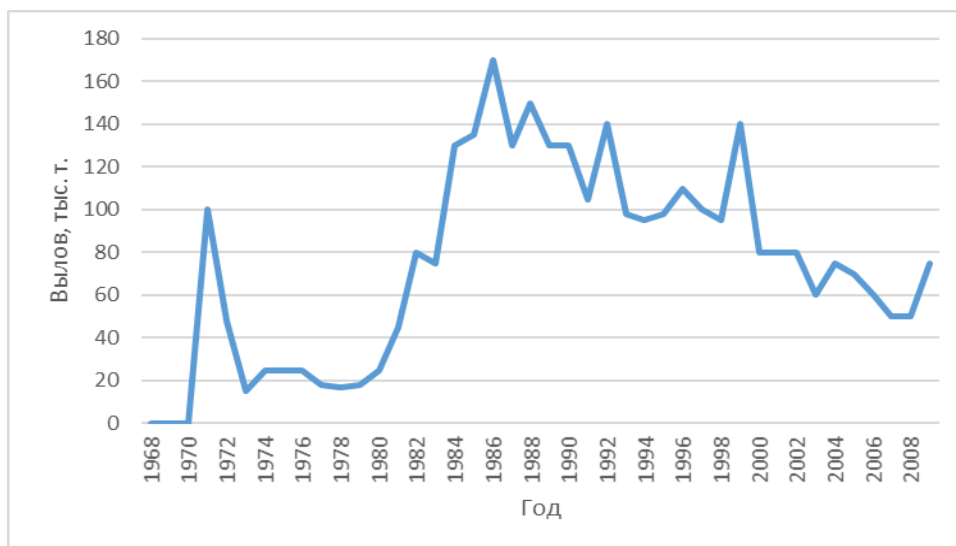


Рисунок 3.6 – Значение уловов тихоокеанской трески в дальневосточных морях РФ.

Изучив таблицы 3.5 и 3.6, а также рисунки 3.5 и 3.6 можно сделать вывод, что данные схожи и их можно считать достоверными. Поэтому мы можем использовать данные из таблицы 3.5 для разработки прогноза биомассы тихоокеанской трески с помощью модели Шефера.

4. Оценка возможного изменения запасов тихоокеанской трески с помощью модели Шефера

Существует несколько способов для расчёта биомассы промысловых видов рыб. Мы сделаем это с помощью модели Шефера.

4.1 Модель Шефера

В модели Шефера предполагается, что эксплуатируемая популяция стремится к стабилизации, то есть стремится к такому состоянию, когда общий прирост будет равен объему вылова. Такой улов называется уравновешенным. Концепция уравновешенного улова легла в основу построения модели Шефера.

Модель Шефера удобна тем, что использует общие понятия: запас, улов (вылов), промысловое усилие, и для своей реализации не требует никаких других данных, кроме общих биологических и промысловых. Рассматривается один изолированный вид с биомассой

$$P = P(t) \quad , \quad (4.1)$$

где t - это время, под P может пониматься как биомасса общей, так и промысловой и нерестовой части популяции. Исходное уравнение модели имеет вид:

$$\frac{dP}{dt} = P(A - BP) - qfP \quad , \quad (4.2)$$

Изменения биомассы предполагаются непрерывными во времени, а их скорость пропорциональна P . Постоянные параметры A и B определяются только внутренними свойствами популяции: при отсутствии промысла биомасса возрастает с течением времени по логистическому закону, стремясь к своей предельной величине определяемой соотношением параметров A/B .

Вклад промысла в убыль популяции определяется последним членом в уравнении (4.2). Поскольку dP/dt является мгновенной скоростью изменения биомассы популяции, то выражение qfP следует рассматривать, как улов в единицу времени, под f понимается мгновенное промысловое усилие, q - это так называемый коэффициент улавливаемости. Обычно, в реальных расчетах используют промысловые данные за год, тогда вместо производной по времени рассматривают изменение биомассы P , приходящееся на 1 календарный год, в качестве улова в единицу времени используют годовой улов, а вместо мгновенного промыслового усилия - аккумулярованное за год.

Зная значения коэффициентов A и B и величину запаса на данный момент, к примеру величину запаса за прошлый год, можно с помощью уравнения (4.2) оценить запас на некоторый будущий момент при отсутствии промысла, а если к тому же известен коэффициент q и задана величина промыслового усилия на промежуток времени, отделяющий момент прогноза от данного, то можно оценить величину улова и оценить дальнейшее изменение запаса при определённом уровне промысла.

Запишем уравнение модели Шефера в следующем виде:

$$\frac{dP}{dt} = (A - BP)P - U, \quad (4.3)$$

где $U = CP$, тогда C будет представлять собой коэффициент промыслового изъятия.

Если определены коэффициенты A , B , и известен годовой улов CP уравнения (4.3), то решение задачи прогноза становится возможным.

Для нахождения коэффициентов A и B применяем метод наименьших квадратов. Дифференциальное уравнение Шефера приведем к дискретному виду, считая шаг по времени $\Delta t = 1$ году. Проведя ряд преобразований этого уравнения:

$$P_{i+1} - P_i = P_i(A - BP_i) - C_i P_i, \quad (4.4)$$

$$\frac{P_{i+1} - P_i}{P_i} = A - BP_i - C_i, \quad (4.5)$$

$$K_i = \frac{P_{i+1} - P_i}{P_i}, \quad (4.6)$$

и применив алгоритм метода наименьших квадратов,

$$\sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i)^2 = \min, \quad (4.7)$$

$$\frac{\partial f}{\partial A} = \frac{\partial}{\partial A} \sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i)^2 = 2 \sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i) \left(\frac{\partial A}{\partial A} - \frac{\partial BP_i}{\partial A} - \frac{\partial C_i}{\partial A} - \frac{\partial K_i}{\partial A} \right) = 0 \quad (4.8)$$

Получаем

$$2 \sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i) = 0, \quad (4.9)$$

$$\frac{\partial f}{\partial B} = \frac{\partial}{\partial B} \sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i)^2 = 2 \sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i) \left(\frac{\partial A}{\partial B} - P_i \frac{\partial B}{\partial B} - \frac{\partial C_i}{\partial B} - \frac{\partial K_i}{\partial B} \right) = 0 \quad (4.10)$$

$$2 \sum_{i=2}^n [(A - BP_i - C_i - K_i) P_i] = 0 \quad , \quad (4.11)$$

Из формулы (4.9) получаем выражение для коэффициента A :

$$A = \frac{1}{N} (B \sum_{i=2}^n P_i + \sum_{i=2}^n C_i + \sum_{i=2}^n K_i) \quad , \quad (4.12)$$

Из формулы (4.11) получаем для коэффициента B :

$$B \sum_{i=2}^n P_i^2 = - \sum_{i=2}^n C_i P_i - \sum_{i=2}^n K_i P_i + \sum_{i=2}^n A P_i \quad , \quad (4.13)$$

Подставив выражение (4.12) в формулу (4.13), получаем окончательное выражение для коэффициента B :

$$B = \frac{1}{\sum_{i=2}^n P_i^2} \left[\sum_{i=2}^n C_i P_i + \sum_{i=2}^n K_i P_i - \frac{\sum_{i=2}^n P_i}{N} \left(B \sum_{i=2}^n P_i + \sum_{i=2}^n C_i + \sum_{i=2}^n K_i \right) \right] \quad , \quad (4.14)$$

$$B = \frac{\sum_{i=2}^n P_i \sum_{i=2}^n C_i + \sum_{i=2}^n P_i \sum_{i=2}^n K_i - N \sum_{i=2}^n P_i C_i - N \sum_{i=2}^n P_i K_i}{N \sum_{i=2}^n P_i^2 - \sum_{i=2}^n P_i \sum_{i=2}^n P_i} \quad , \quad (4.15)$$

Таким образом, имея исходные данные в виде промысловой информации за ряд лет, и рассчитав величины коэффициентов A , B , можно превратить уравнение (4.2) в инструмент прогноза.

4.2 Применение модели Шефера

Для того чтобы использовать модель Шефера в качестве инструмента прогноза биомассы популяции необходимо проинтегрировать уравнение (4.3):

$$\int_{P_0}^P \frac{dP}{(-BP^2 + (A-C)P)} = \int_{t_0}^t dt, \quad (4.16)$$

Это табличный интеграл, решение которого представляется в виде:

$$\frac{1}{(A-C)} \ln \frac{BP - (A-C)}{P} \Big|_{P_0}^P = t \Big|_{t_0}^t, \quad (4.17)$$

$$P(t) = \frac{P_0(A-C)}{BP_0 - (BP_0 - A + C)\exp(-t(A-C))}, \quad (4.18)$$

Тогда, как уже отмечено выше, зная значения коэффициентов A , B , C можно будет использовать уравнение (4.18) для оценки биомассы популяции на последующий период.

Задавая значения коэффициента промыслового изъятия на некоторый промежуток времени, и используя значения запаса за предыдущий год и известные коэффициенты A , B , можем оценить изменение биомассы на один шаг вперед. Для этого коэффициенты A и B подставляем в модель Шефера (4.18), зная запасы за предыдущий год и заданный коэффициент изъятия за нынешний год. Используя вычисленное значение запаса в качестве исходного и те же значения коэффициентов можно дать прогноз запаса на следующий шаг и т.д. расчет более чем на 3-4 шага не целесообразен (или не корректен), так как далее надо пересчитывать значения коэффициентов A и B ,

при этом коэффициент промыслового изъятия C , также может измениться в силу экономических правовых или экологических факторов.

В результате расчетов по уравнениям (4.12)–(4.18) получены коэффициенты воспроизводства и естественной смертности A и B для ряда запасов трески. Используя коэффициенты A и B и задавая коэффициент промыслового изъятия C можно получить прогностические значения запасов трески до 2016 года.

4.3 Расчёт изменения запасов трески при различных уровнях промыслового изъятия

Для проверки работоспособности модели Шефера значения запаса были восстановлены с рассчитанными постоянными коэффициентами воспроизводства (A) и естественной смертности (B), и при известных уловах.

На рисунке 4.1 приведены рассчитанные (восстановленные с помощью модели Шефера (4.18)) и фактические значения промыслового запаса. Восстановление производилось пошагово и на один шаг вперёд.

Видно, что расхождения имеются, но менее 10% от фактических значений.

Экстраполяция или прогнозирование запасов по модели Шефера проводилось при 5 различных значениях коэффициентов промыслового изъятия, при которых запас возрастал, оставался на том же уровне или падал в течение всего срока прогнозирования (5, 10, 15, 20, 30%).

На рисунке 4.2 приведены рассчитанные, фактические и спрогнозированные значения запаса трески при значениях коэффициент промыслового изъятия 10, 15, 20, 30%. Видно, что при 20 – 30 % изъятия уровень запаса падает, а при 10 – 15% растёт. Таким образом видим, что 15% - допустимое значение изъятия, при котором запас популяции сохранится на уровне 2009 года.

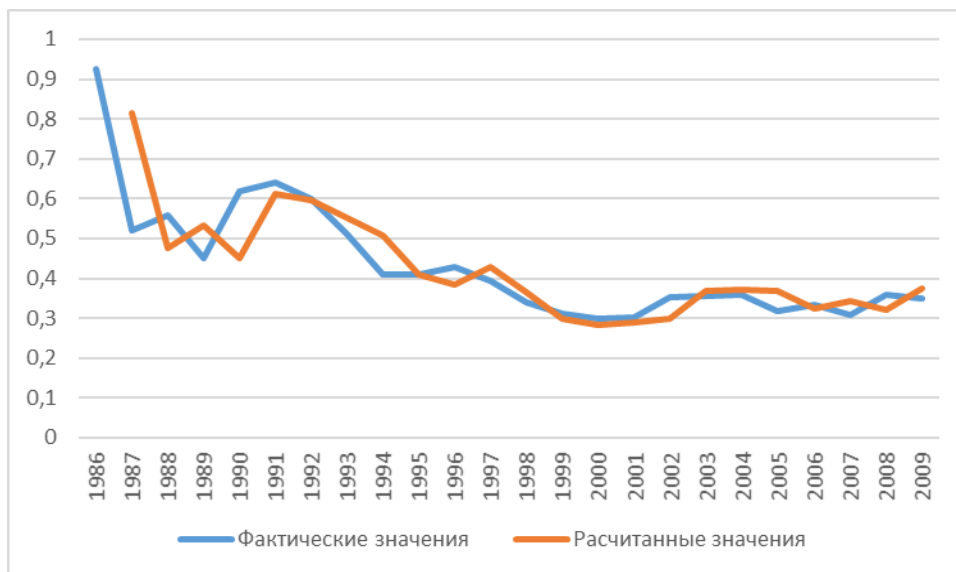


Рисунок 4.1 - Суммарное значение промысловой биомассы тихоокеанской трески в дальневосточных морях РФ

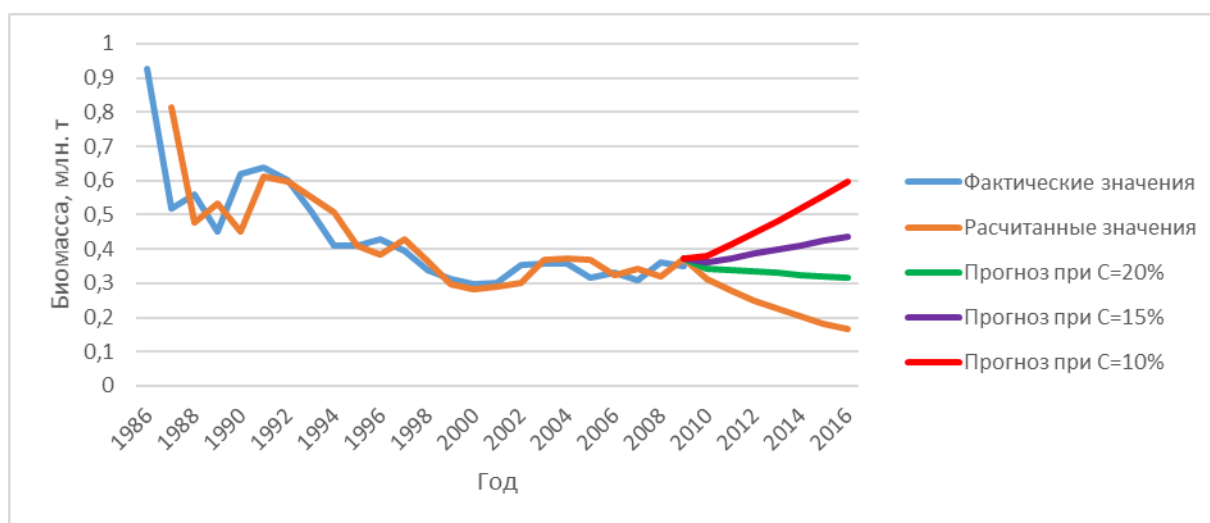


Рисунок 4.2 – Фактические и рассчитанные значения биомассы тихоокеанской трески в дальневосточных морях РФ и её прогностические значения при уровне изъятия 10, 15, 20 и 30 %

Таблица 4.1 - Прогноз промыслового запаса при разных процентах промыслового изъятия

Процент изъятия	Год						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
C=10%	0,379539	0,411809	0,445748	0,481266	0,518245	0,55654	0,595976
C=15%	0,361265	0,373627	0,386063	0,398552	0,41107	0,423596	0,436106
C=20%	0,343864	0,338928	0,33418	0,32961	0,325209	0,320968	0,316878
C=30%	0,311517	0,278769	0,250021	0,224679	0,202256	0,182351	0,164629
ФАР					0,125	0,114	

По данным ФАР сырьевые ресурсы в дальневосточном рыбохозяйственном бассейне для трески составляли в 2014 году 125 тыс. т., а в 2015 году 114 тыс. т. Из этого можно сделать вывод, что запасы трески продолжают снижаться и промысловое изъятие составляет более 30 % или запас снижался более быстрыми темпами чем в таблице 4.1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении сформулируем основные результаты выполненной работы.

Составлены ряд запасов тихоокеанской трески Берингова и Охотского морей с 1986 года и ряд уловов той же трески с 1968 года.

Исследованы возможные варианты изменения запасов тихоокеанской трески с помощью модели Шефера.

Прогнозирование запасов по модели Шефера с 2010 по 2016 год произведено при коэффициентах промыслового изъятия 10, 15, 20 и 30%. При 30% значительно падает.

Показано, что допустимый уровень изъятия из запаса составляет для тихоокеанской трески составляет 15 %. При больших значениях коэффициента изъятия запасы будут снижаться. Прогнозы выполнены до 2016 г.

Так как популяция тихоокеанской трески находится в напряжённом состоянии, то коэффициент изъятия должен быть гораздо ниже, чем 15%. Это объясняется тем, что при 15% популяция восстанавливается очень медленно. Чтобы разрешить данную ситуацию нужно усилить контроль за выловом. Так же нужно сократить квоты на вылов тихоокеанской трески, пока ситуация не стала катастрофической.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Терентьев, Д.А. Промысел и многолетняя динамика запасов тихоокеанской трески в прикамчатских водах [Текст] / Д.А. Терентьев, А.О. Золотов // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части тихого океана.–2010.–Вып. 16.–С.107 – 116.

2 Гаврилов, Г.М. Динамика вылова, методические основы оценки запасов, прогнозирования общего допустимого улова (ОДУ) и возможного вылова (ВВ) промысловых рыб в экономической зоне России дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана [Текст] // Успехи современного естествознания.–2014.–Вып. 5.–С.55 – 76.

3 Винников, А.В. Тихоокеанская треска западной Камчатки: биология, динамика численности, промысел [Текст] / Автореферат диссертации// Петропавловск-Камчатский,–2008.

4 //fishretail [Электронный ресурс]. – портал рыбного рынка России / ООО “Инлайн”.–Спб.,2012.–Режим доступа: http://www.kamniro.ru/obzory_promysla/promysel/obzor_promyslovoj_i_gidrometeorologicheskoy_obstanovki_v_mae_2012_goda

5 [Электронный ресурс]. – информационно-образовательный портал / "Российский информационно-образовательный портал Veni Vidi Vici".–2016.– Режим доступа: <http://www.vevivi.ru/best/Tekhnokhimicheskaya-kharakteristika-tikhookeanskoi-treski-ref181908.html>

6 Риккер, У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. М.: Пищевая промышленность.–1979

7 Гершанович, Д.Е. Промысловая океанография [Текст]– // М.: Агропромиздат, 1986. – 335 с.

8 [Электронный ресурс] – Библиофонд / Электронная библиотека студента.–2003-2016.–Режим доступа: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=514755>

9 [Электронный ресурс] – ЕСИМО / ФГБНУ "ВНИРО">//
ЭЛЕКТРОННОЕ СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ "БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
МИРОВОГО ОКЕАНА".–Режим доступа:
http://www.vniroinfo.ru/fe/treska_fe.htm