



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ПО и КУПЗ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

«Межгодовая изменчивость уловов лососевых Тихого океана»

Исполнитель: Кольмиллер Данил Владимирович

Руководитель: к.г.н., Густоев Дмитрий Владимирович

«К защите допускаю»

И.о. заведующего кафедрой

(подпись)

Кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Хаймина Ольга Владимировна

(фамилия, имя, отчество)

«10» 06 2025г.

г. Санкт-Петербург

2025

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОПИСАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	7
1.1 Физико-географическая характеристика Тихого Океана	7
1.2 Рыбный промысел.....	8
1.3 Ведение рыбного промысла	8
1.4 Методы ловли.....	9
1.4.1 Траление	9
1.4.2 Ловля сетями.....	10
1.4.3 Ловля удочками	11
1.4.4 Ловля неводами	12
1.4.5 Ловля на предметы.....	13
1.5 Изучаемые объекты	14
1.5.1 Тихоокеанский лосось.....	14
1.5.2 Горбуша (Dog Salmon)	15
1.5.3 Атлантический лосось	16
1.5.4 Австралийский лосось.....	17
1.5.5 Королевский лосось (Chinook salmon, <i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	18
1.5.6 Нерка (Sockeye salmon, <i>Oncorhynchus nerka</i>)	19
1.5.7 Серебряный лосось (Coho salmon, <i>Oncorhynchus kisutch</i>).....	20
2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ. ОПИСАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МЕТОДОВ	21
2.1 Источник данных	21
2.2 Обработка данных.....	21
2.3 Статистические методы анализа	22
2.4 Спектральный анализ	22
2.5 Автокорреляционный анализ.....	22
2.6 Полосовая фильтрация.....	22
2.7 Прогностические методы	23
2.8 Визуализация результатов	23
3. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ УЛОВОВ ЛОСОСЕВЫХ ВИДОВ РЫБ	26

3.1 Анализ результатов вылова Тихоокеанского лосося	27
3.1.1 График тренда вылова Тихоокеанского лосося	27
3.1.2 Первичная статистика Тихоокеанского лосося	28
3.1.3 Гистограмма вылова Тихоокеанского лосося	28
3.1.4 Автокорреляционная функция	29
3.1.5 Анализ спектра и спектра остатков Тихоокеанского лосося в контексте межгодовой изменчивости	30
3.1.6 Полосовая фильтрация временных рядов Тихоокеанского лосося 	32
3.1.7 Методическое прогнозирование вылова Тихоокеанского лосося 	33
3.2 Анализ результатов вылова Dog Salmon (Горбуша)	35
3.2.1 График тренда вылова Dog Salmon	35
3.2.2 Первичная статистика Dog Salmon.....	36
3.2.3 Гистограмма вылова Dog Salmon.....	36
3.2.4 Автокорреляционная функция (АКФ)	37
3.2.5 Анализ спектра и спектра остатков Dog Salmon в контексте межгодовой изменчивости	38
3.2.6 Полосовая фильтрация временных рядов Dog Salmon	41
3.2.7 Методическое прогнозирование вылова Dog Salmon.....	42
3.3 Анализ результатов вылова не массовых видов лосося	44
3.3.1 График тренда вылова не массовых видов	44
3.3.2 Первичная статистика не массовых видов лосося	45
3.3.3 Гистограмма вылова не массовых видов лосося	45
3.3.4 Автокорреляционная функция	46
3.3.5 Анализ спектра и спектра остатков не массового вида лосося в контексте межгодовой изменчивости	47
3.3.6 Полосовая фильтрация временных рядов.....	49
3.3.7 Методическое прогнозирование вылова не массовых видов лосося	50
3.4 Анализ результатов вылова Атлантического лосося	53
3.4.1 График тренда вылова Атлантического лосося	53
3.4.2 Первичная статистика Атлантического лосося.....	54
3.4.3 Гистограмма вылова Атлантического лосося.....	55

3.4.4 Автокорреляционная функция	56
3.4.5 Анализ спектра и спектра остатков атлантического лосося в контексте межгодовой изменчивости	57
3.4.6 Полосовая фильтрация временных рядов.....	59
3.4.7 Методическое прогнозирование вылова Атлантического лосося	60
4. ПОКАЗАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	65

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия проблема межгодовой изменчивости уловов промысловых видов рыб становится все более актуальной в контексте глобальных изменений климата, антропогенного воздействия на экосистемы и увеличения рыболовного давления [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Рыбные ресурсы играют важную роль в обеспечении продовольствия, экономическом развитии прибрежных регионов и сохранении биологического разнообразия [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Однако динамика уловов рыб, как одного из ключевых индикаторов состояния водных экосистем, подвержена значительным колебаниям, что требует тщательного анализа и понимания факторов, влияющих на эти изменения.

Целью дипломной работы является исследование межгодовой изменчивости уловов лососевых видов Тихого океана за период с 1950 по 2022 год, выявление основных факторов, влияющих на их динамику, и разработка прогностических моделей для устойчивого управления рыбными ресурсами.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки эффективных стратегий управления рыбными ресурсами, которые позволят минимизировать негативное воздействие на экосистемы и обеспечить их устойчивое использование. Лососевые виды, являясь важным объектом промысла, требуют особого внимания из-за их чувствительности к изменениям окружающей среды. Результаты работы могут быть использованы для оптимизации квот вылова, минимизации негативного воздействия на экосистемы и обеспечения устойчивого использования ресурсов.

Данная работа направлена на комплексный анализ межгодовой изменчивости уловов промысловых видов рыб и изучение факторов, влияющих на эти процессы, что имеет важное значение для устойчивого управления водными ресурсами и сохранения биоразнообразия.

Задачи исследования:

1. Провести анализ статистических данных по уловам лососевых видов.
2. Применить современные статистические методы для выявления закономерностей в данных.
3. Разработать прогностические модели на основе временных рядов для оценки будущих изменений уловов.
4. Оценить эффективность предложенных методов прогнозирования и их применимость в управлении рыбными ресурсами.

1. ОПИСАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

1.1 Физико-географическая характеристика Тихого Океана

Тихий океан — самый большой по площади и глубине океан на Земле [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Расположен между материками Евразией и Австралией на западе, Северной и Южной Америкой на востоке, Антарктидой на юге.

Тихий океан простирается приблизительно на 15,8 тысячи км с севера на юг и на 19,5 тысяч км с востока на запад. Площадь с морями — 179,7 млн. км², средняя глубина — 3984 м, объём воды — 723,7 млн куб. км (без морей соответственно: 165,2 млн кв. км, 4282 м и 707,6 млн. км³). Наибольшая глубина Тихого океана (и всего Мирового океана) — 10 994 м (в Марианском жёлобе). Через Тихий океан примерно по 180-му меридиану проходит линия перемены даты.

На северо-западе и западе Тихий океан ограничен берегами Евразии и Австралии, на северо-востоке и востоке — берегами Северной и Южной Америки. Граница с Северным Ледовитым океаном проводится через Берингов пролив вдоль Северного полярного круга. Южной границей Тихого океана (так же как Атлантического и Индийского) считается северный берег Антарктиды. При выделении Южного (Антарктического) океана его северную границу проводят по водам Мирового океана в зависимости от смены режима поверхностных вод от умеренных широт к антарктическим. Она проходит примерно между 48 и 60° ю.ш. [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Границы с другими океанами южнее Австралии и Южной Америки также проводят условно по водной поверхности: с Индийским океаном — от мыса Саут-Ист-Пойнт примерно по 147° в.д., с Атлантическим океаном — от мыса Горн до Антарктического полуострова. Кроме широкой связи с другими океанами на юге существует сообщение между Тихим и северной частью

Индийского океана через межостровные моря и проливы Зондского архипелага. Площадь Тихого океана от Берингова пролива до берегов Антарктиды равна 178 млн км², объем вод — 710 млн км³. [1]

Северные и западные (евразийские) берега Тихого океана расчленены морями (их более 20), заливами и проливами, обособляющими крупные полуострова, острова и целые архипелаги материкового и вулканического происхождения. Берега Восточной Австралии, южной части Северной Америки и особенно Южной Америки, как правило, прямолинейны и труднодоступны со стороны океана. При огромной площади поверхности и линейных размерах (более 19 тыс. км с запада на восток и около 16 тыс. км с севера на юг) для Тихого океана характерно слабое развитие окраины материков (всего 10 % площади дна) и сравнительно небольшое число шельфовых морей. В пределах межтропического пространства для Тихого океана характерны скопления вулканических и коралловых островов.

1.2 Рыбный промысел

Рыбный промысел — это деятельность, связанная с выловом рыбы и других водных биоресурсов для коммерческих целей [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Он включает в себя как промышленный, так и любительский лов. Рыбный промысел играет важную роль в экономике многих стран, обеспечивая продовольственную безопасность, рабочие места и источники дохода.

1.3 Ведение рыбного промысла

Рыбный промысел ведётся с использованием различных методов и технологий, которые зависят от типа рыбы, условий ловли и доступных ресурсов. Основные этапы рыбного промысла включают [3]:

1. Исследование водоемов: Определение мест обитания рыбы, сезонности миграций и численности популяций.
2. Разработка стратегий ловли: Выбор наиболее эффективных методов в зависимости от вида рыбы и условий.
3. Ловля рыбы: Использование судов, сетей, ловушек и других инструментов.
4. Обработка улова: Очистка, упаковка и транспортировка рыбы для продажи.
5. Управление ресурсами: Мониторинг и регулирование уловов для обеспечения устойчивости популяций.

1.4 Методы ловли

Промысловая рыбалка – важная отрасль экономики, обеспечивающая население рыбными ресурсами. Для эффективного вылова рыбы применяются различные методы, каждый из которых подходит для определенных видов и условий.

Каждый метод ловли рыбы имеет свои преимущества и недостатки, и выбор оптимального метода зависит от конкретного вида рыбы, места ловли и других факторов. Современное рыболовство стремится к устойчивому развитию, что требует осознанного использования ресурсов и минимального ущерба для морской среды.

1.4.1 Траление

Траление - наиболее распространенный метод ловли рыбы в мире [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Он заключается в буксировке по дну или в толще воды специальной сети - трала.

Тралы бывают различного типа:

1. Донные тралы - буксируются по дну и предназначены для ловли донных рыб, моллюсков и других обитателей морского дна.

2. Пелагические тралы - буксируются в толще воды.

Преимущества:

- Высокая эффективность, позволяет вылавливать большое количество рыбы за один раз.

- Применяется для ловли различных видов рыб.

Недостатки:

- Высокий риск повреждения морского дна и обитателей, которые не являются промысловыми.

- Возможность перелова некоторых видов, что приводит к их истощению.

- Высокие затраты на оборудование и обслуживание траулеров.

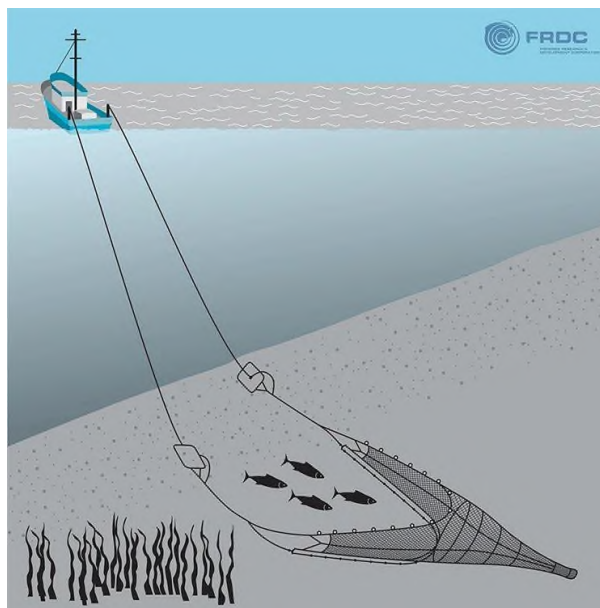


Рис. 1.1 Траловый лов

1.4.2 Ловля сетями

Ловля сетями - один из самых древних методов ловли рыбы, представляет собой установку в воде сетей, в которые попадает рыба.

Различают:

Сетные сети - имеют мелкую ячейку и используются для ловли мелкой рыбы, например, хамсы.

Невода - крупные сети, устанавливаются на дне или в толще воды и используются для ловли сельди, скумбрии, ставриды и других пелагических рыб.

Преимущества:

- Эффективность для ловли различных видов рыб.
- Возможность применения в различных условиях.

Недостатки:

- Риск попадания в сеть нецелевых видов рыбы, а также морских млекопитающих и птиц.
- Низкая селективность, зачастую ловит рыбу разного размера.



Рис. 1.2 Ловля сетями

1.4.3 Ловля удочками

Ловля удочками - наиболее традиционный метод ловли. Применяется как любительская, так и промысловая рыбалка.

Преимущества:

- Селективность - позволяет вылавливать только целевой вид рыбы.

- Низкая стоимость оборудования.
- Привлекательный метод для отдыха и развлечения.

Недостатки:

- Низкая эффективность, не подходит для массового промысла.
- Не подходит для ловли некоторых видов рыб.



Рис. 1.3 Ловля удочкой

1.4.4 Ловля неводами

Ловля неводами - метод, использующий большие сети, которые окружают косяк рыбы и затем стягиваются.

Преимущества:

- Высокая эффективность для ловли больших количеств рыбы.
- Возможность применения в различных условиях.

Недостатки:

- Низкая селективность, зачастую ловит рыбу разного размера.
- Риск попадания в сеть нецелевых видов рыбы, а также морских млекопитающих и птиц.



Рис. 1.4 Ловля неводами

1.4.5 Ловля на предметы

Ловля на предметы основывается на привлечении рыбы к определенным предметам. К ним относятся:

1. Ловушки - специальные устройства, в которые попадает рыба, привлеченная едой или другими стимулами.
2. Фиксированные снасти - устанавливаются на дне или в толще воды и используются для ловли рыб, прикрепленным к ним.

Преимущества:

- Селективность, позволяет ловить конкретный вид рыбы.
- Низкие затраты на оборудование.

Недостатки:

- Низкая эффективность, не подходит для массового промысла.
- Требуется знания особенностей поведения рыб.



Рис. 1.5 Ловушка для рыбы

1.5 Изучаемые объекты

Для изучения межгодовой изменчивости улова лососевых Тихого океана были выбраны такие виды лососевых, как: Тихоокеанский лосось, Горбуша (Dog Salmon), Атлантический лосось и остатки, то есть малочисленные промысловые виды: Австралийский лосось, Королевский лосось (Chinook), Нерка (Sockeye salmon), Серебряный лосось (Coho salmon).

1.5.1 Тихоокеанский лосось

Тихоокеанский лосось — это большое и разнообразное семейство, включающее в себя несколько видов. Все они обитают в Тихом океане, от побережья Аляски до Калифорнии в Северной Америке и от Японии до России в Азии. Тихоокеанские лососи также заходят в реки Сибири и Дальнего Востока для нереста.

Промысел тихоокеанского лосося - один из важнейших в мире. Для его лова используются сети, траление, ярусные удочки. Спортсмены часто ловят тихоокеанского лосося на спиннинг или мушку.

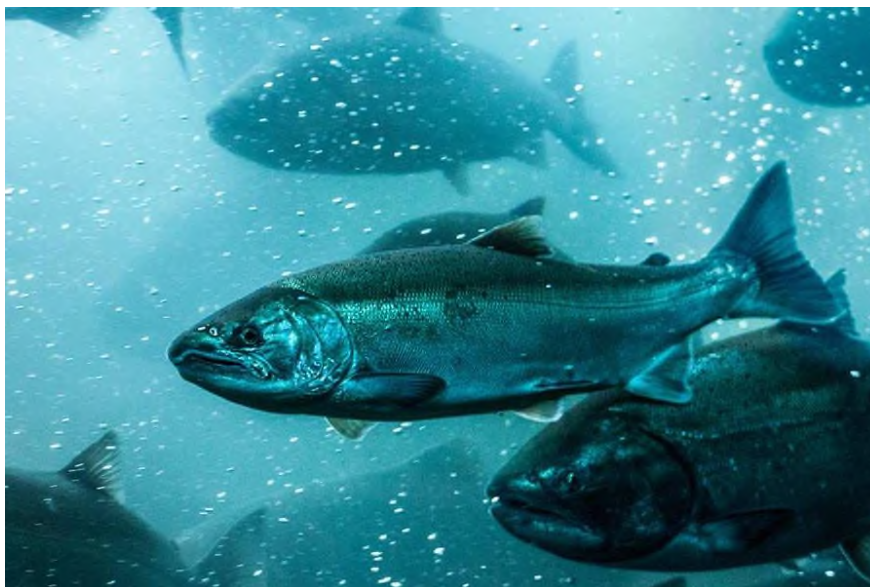


Рис. 1.6 Тихоокеанский лосось

1.5.2 Горбуша (Dog Salmon)

Горбуша – один из самых многочисленных представителей семейства лососевых, обитающий в холодных водах Тихого океана. Этот вид демонстрирует удивительный жизненный цикл: родившись в пресных водоемах, молодь отправляется в морское путешествие, где проводит около двух лет, набираясь сил и достигая зрелости. Благодаря развитому инстинкту хоуминга, рыба способна возвращаться в те же водоемы, где появилась на свет, что делает её поведение особенно интересным с научной точки зрения.

Промысловая ценность горбуши достигает пика в период с июня по август, когда рыба приобретает наилучшие вкусовые качества. Основным орудием добычи служат ставные неводы протяженностью 1-2 километра с продуманной системой ловушек.

Технологический процесс вылова требует тщательного подхода к сохранению качества продукции. Для этого применяются специализированные транспортные средства с системой циркуляции забортной воды, позволяющие доставлять рыбу живой. Скорость последующей обработки и заморозки играет решающую роль в сохранении высоких пищевых качеств горбуши, что особенно важно для конечного потребителя.



Рис. 1.7 Горбуша

1.5.3 Атлантический лосось

Атлантический лосось является одним из ценнейших представителей семейства лососевых. Этот вид демонстрирует впечатляющие размеры, достигая длины до 1,5 метров и массы 43 килограмма, при этом продолжительность жизни может составлять до 13 лет.

Ареал обитания охватывает обширные территории: в морской среде она обитает в северной части Атлантического океана и западной части Северного Ледовитого океана. В Европе её можно встретить от Португалии до Баренцева моря, а в России – в реках Мурманского побережья, Белого и Балтийского морей, а также в системе крупных озёр Кольского полуострова и Карелии, включая Имандру, Куйто, Онежское и Ладожское озёра.

Промысловое значение атлантического лосося чрезвычайно высоко благодаря превосходным гастрономическим качествам мяса и икры, которые считаются деликатесными продуктами. Нагул рыбы происходит в море, где её основным кормом служат стайные рыбы: килька, салака, сельдь, трёхиглая колюшка, песчанка.

Нерестовый период характеризуется особым поведением. Вошедшие в реку особи перестают питаться, направляясь в верхние и средние течения на

порожистые участки, где располагаются нерестилища. Существует два типа нерестилищ: с ключевым питанием, где зимой поддерживается температура 1-3°C и имеется кратковременный ледяной покров, и бесключевые, с температурой около 0°C и устойчивым льдом. Интересно, что на нерестилищах первого типа молодь появляется раньше, но растёт медленнее, чем на втором типе.



Рис. 1.8 Атлантический лосось

1.5.4 Австралийский лосось

Австралийский лосось, представляет собой уникальный вид лучепёрых рыб. Этот вид является представителем монотипического семейства арриповых и встречается исключительно в юго-западной части Тихого океана у берегов Австралии, Тасмании и Новой Зеландии.

Биологические особенности австралийского лосося весьма примечательны. Это активный хищник с продолжительностью жизни до 26 лет. Нерестовый период растянут на полгода, с поздней весны до начала осени Южного полушария. Икринки пелагические, диаметром 0,8-1,0 мм, с одной жировой каплей. Плодовитость варьируется от 71,3 тысяч до 1,73 миллиона икринок в зависимости от размера и возраста особи.

Питание австралийского лосося основано преимущественно на рыбной добыче. В его рацион входит 135 различных таксонов, причём рыбы составляют до 98% рациона в водах юго-восточной Австралии.

Австралийский лосось - объект тралового лова. Спортсмены также ловят его на спиннинг и мушку.



Рис. 1.9 Австралийский лосось

1.5.5 Королевский лосось (Chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*)

Королевский лосось является одним из самых величественных представителей семейства лососевых. Этот вид отличается внушительными размерами и уникальными биологическими особенностями.

Ареал обитания охватывает обширные территории. В России он встречается в бассейне Северного Ледовитого океана, Баренцевом и Охотском морях, у Командорских островов, в реках Амур, Анадырь, на Чукотке и Камчатке. За рубежом обитает у берегов Аляски, Алеутских островов, северного Хоккайдо, в бассейнах рек Сакраменто и Коппермайна.

Жизненный цикл включает две основные фазы: речную и океаническую. Икру рыба мечет только в пресных прохладных реках с каменистым дном. Примечательно, что некоторые самцы остаются в реках и образуют карликовый жилой подвид размером 12-45 см. Продолжительность жизни чавычи составляет 4-8 лет, после чего особи погибают сразу после нереста.

Способы ловли этого лосося разнообразны. Используют:

- Мощные морские спиннинги с мультипликаторными катушками
- Блесны-колебалки, воблеры и пилькеры для нерестовой рыбы

- Нахлыстовые снасти с крупными мушками для молодой рыбы
- Натуральные приманки (икра, креветки, кусочки рыбы)
- Траление



Рис. 1.10 Королевский лосось

1.5.6 Нерка (Sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*)

Нерка – проходная рыба из семейства тихоокеанских лососей, отличающаяся уникальными биологическими особенностями и высокой промысловой ценностью.

Внешний вид нерки весьма примечателен. Это крупная рыба длиной до 84 см и массой до 7 кг. Особую привлекательность ей придает интенсивная красная окраска мышц. Во время нереста самцы приобретают яркий красный окрас тела с зеленой головой, что делает их особенно заметными.

Ареал обитания охватывает северную часть Тихого океана. В России нерка встречается от Чукотки до Сахалина и южных Курильских островов. Интересно, что этот вид образует озерные жилые формы, что делает его адаптацию к различным условиям обитания особенно успешной.

Промысловое значение нерки чрезвычайно высоко. Она является ценной промысловой рыбой, а озерные формы успешно используются для искусственного разведения. Мясо нерки отличается превосходными вкусовыми качествами и высокой пищевой ценностью.

Биологические особенности делают нерку уникальным видом:

- Характерная окраска мышц
- Специфический период нереста
- Длительный период нагула в морской среде



Рис. 1.11 Нерка

1.5.7 Серебряный лосось (Coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*)

Серебряный лосось представляет собой крупную рыбу семейства лососевых, достигающую впечатляющих размеров - до 108 см в длину и массы до 15,2 кг. Характерной особенностью данного вида является ярко-серебристый окрас чешуи, что и определило его второе название.

Ареал обитания охватывает обширные территории. В азиатской части рыба встречается от реки Анадырь вдоль камчатского побережья до северо-западной части Охотского моря. Отдельные особи отмечаются на восточном Сахалине и Хоккайдо, а также в нижнем течении Амура. На североамериканском побережье данный лосось распространен от Аляски до Калифорнии, причем особи, обитающие в Северной Америке, отличаются более крупными размерами по сравнению с азиатскими представителями вида.

Промысловое значение весьма высоко, несмотря на относительно невысокую численность популяций. Мясо этой рыбы отличается высокими вкусовыми качествами, содержит значительное количество полезных веществ: астаксантин, витамины B1 и B2, а также важные микроэлементы - железо,

молибден, никель, фтор, цинк и хром. Содержание жира в мясе варьируется от 6,1 до 9,5%.

Питание включает ручейников, насекомых, их личинки, а также икру и мальков рыб. Основная масса молоди скатывается в море на втором году жизни, реже - на третьем или четвертом. Проходной Серебряный лосось зимует в океане, что также необходимо учитывать при организации промысла.



Рис. 1.12 Серебряный лосось

2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ. ОПИСАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МЕТОДОВ

2.1 Источник данных

Для анализа межгодовой изменчивости лососевых использовалась база данных "FishStatJ", которая представляет собой программу для рабочего стола, предназначенную для сбора, обработки и распространения статистических данных о рыболовстве во всем мире.

FishStatJ получает информацию о промысловом вылове рыб из различных источников, включая:

- **Национальные органы по рыболовству:** Данные от национальных агентств по рыболовству являются ключевым источником информации для FishStatJ.
- **Международные организации:** FishStatJ также получает данные от международных организаций, занимающихся рыболовством, таких как ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных

Наций) и ICCAT (Международная комиссия по сохранению атлантической тунцовой рыбы).

- Научные публикации: FishStatJ также включает данные из научных публикаций о рыболовстве.
- Другие базы данных: FishStatJ может использовать данные из других баз данных о рыболовстве.

2.2 Обработка данных

Для работы с данными и их последующей обработки, использовалась программа «Призма ПРО». Комплекс предназначен для проведения прикладного анализа внутренней структуры временных серий и последующего сверхдолгосрочного прогнозирования.

2.3 Статистические методы анализа

Элементарная статистика включает расчет следующих показателей:
[Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Среднее значение - характеризует типичный уровень улова

Дисперсия - показывает разброс данных вокруг среднего значения

Асимметрия и эксцесс - оценивают форму распределения данных

2.4 Спектральный анализ

Спектральный анализ представляет собой метод исследования временных рядов, позволяющий выявить периодические составляющие и оценить влияние различных факторов на динамику вылова.

В рамках данного метода осуществляется определение частотных компонент, анализ низкочастотных колебаний, выявление сезонных ритмов и оценка влияния климатических факторов.

2.5 Автокорреляционный анализ

Автокорреляционный анализ (АКФ) представляет собой статистический метод, позволяющий исследовать взаимосвязь последовательных значений временного ряда.

С помощью данного метода осуществляется выявление автокорреляции в рядах данных, оценка инерционности процесса и обнаружение периодических составляющих в динамике исследуемых показателей.

2.6 Полосовая фильтрация

Полосовая фильтрация представляет собой современный статистический метод обработки временных рядов, позволяющий выделять основные компоненты динамики уловов лососевых рыб. Данный метод особенно эффективен при анализе промысловых данных, характеризующихся сложной структурой колебаний.

В контексте исследования межгодовой изменчивости уловов лососевых полосовая фильтрация позволяет:

- Выделить тренд - определить долгосрочную тенденцию изменения вылова, отражающую общие закономерности развития промысла
- Определить остатки - проанализировать краткосрочные колебания, связанные с сезонными и климатическими факторами
- Оценить периоды активизации и депрессии промысла
- Проанализировать влияние различных факторов на динамику уловов

2.7 Прогностические методы

Прогнозирование представляет собой комплексный метод оценки будущих тенденций вылова на основе анализа.

В основе прогнозирования лежит использование автопрогноза, который позволяет оценить будущие изменения на основе анализа прошлых значений. Для повышения точности прогнозных оценок применяется фильтрация данных, позволяющая устранить влияние случайных факторов.

Важной составляющей прогнозирования является комплексный анализ, учитывающий все значимые факторы, влияющие на исследуемый процесс. Многофакторный подход предполагает использование различных методов прогнозирования, что обеспечивает более точную оценку.

2.8 Визуализация результатов

В современных исследованиях динамики промысла лососевых рыб особое значение приобретает грамотное представление полученных данных. Визуализация позволяет наглядно продемонстрировать результаты анализа, выявить закономерности и тенденции, а также сделать выводы более понятными для широкой аудитории.

Линейные графики представляют собой один из информативных способов отображения временных рядов. Они позволяют:

- Отследить динамику изменения уловов на протяжении исследуемого периода
- Выявить общие тенденции развития промысла
- Определить периоды роста и спада вылова
- Оценить влияние различных факторов на динамику уловов

Гистограммы являются инструментом для анализа распределения данных. Их применение позволяет:

- Оценить частоту встречаемости различных значений уловов
- Выявить наиболее типичные объемы вылова
- Определить размах колебаний уловов
- Оценить симметричность распределения данных

Графики автокорреляционной функции (АКФ) предоставляют информацию о внутренней структуре временного ряда:

- Показывают наличие и характер автокорреляции между последовательными наблюдениями
- Позволяют выявить периодические составляющие в динамике уловов
- Демонстрируют радиус корреляции в данных
- Помогают оценить инерционность процесса

Спектральные диаграммы представляют собой инструмент анализа частотных характеристик временных рядов:

- Отображают распределение энергии сигнала по частотам
- Позволяют выявить доминирующие периоды колебаний
- Помогают оценить влияние различных факторов на основе их частотных характеристик
- Дают возможность провести частотный анализ временных рядов

3. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ УЛОВОВ ЛОСОСЕВЫХ ВИДОВ РЫБ

В данной главе представлен комплексный статистический анализ межгодовой изменчивости уловов различных видов лососевых рыб Тихого океана. Для достижения целей исследования применен ряд современных статистических методов, позволяющих всесторонне оценить динамику промысла и выявить основные закономерности колебаний уловов.

В работе использованы следующие методы статистического анализа:

График тренда - позволяет визуализировать общую тенденцию изменения уловов во времени

Гистограмма - дает представление о распределении объемов вылова по годам

Автокорреляционная функция (АКФ) - выявляет наличие и характер автокорреляции в рядах данных

Полосовая фильтрация - помогает выделить основные частотные компоненты временных рядов

Спектральный анализ - определяет периодичность колебаний уловов

Автопрогноз - позволяет оценить будущие тенденции на основе исторических данных

3.1 Анализ результатов вылова Тихоокеанского лосося

3.1.1 График тренда вылова Тихоокеанского лосося

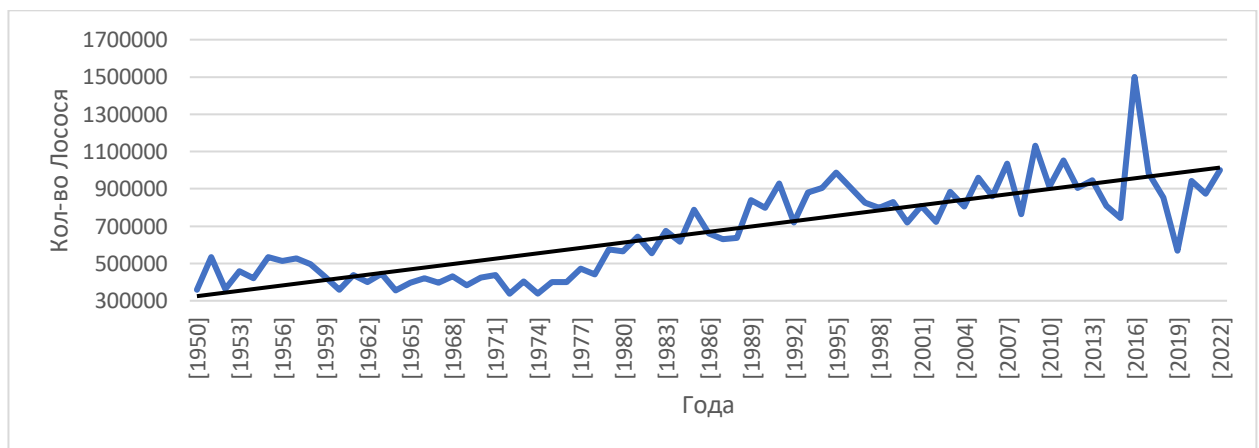


Рисунок 3.1 — График тренда вылова Тихоокеанского лосося

График показывает динамику численности Тихоокеанского лосося с 1950 по 2022 год. В начале периода численность оставалась стабильной, с небольшими колебаниями. С 1960 года начался постепенный рост, который

продолжался до 1990 года. В 1990-х и начале 2000-х годов численность продолжала снижаться, достигнув минимума в 2001 году. С 2004 года начался рост, который продолжался до 2016 года, когда численность достигла пика в 15 млн. тонн. После 2018 года численность снова начала снижаться.

Линейный тренд показывает устойчивый рост вылова на протяжении всего периода.

3.1.2 Первичная статистика Тихоокеанского лосося

Таблица 1 — Первичная статистика Тихоокеанского лосося

Среднее	669390.3562
Эксцесс	0.144705474
Дисперсия	59863678783

Показатели демонстрируют относительно стабильное распределение уловов с небольшим отклонением от нормального. Среднее значение около 670 тысяч тонн указывает на высокую промысловую значимость вида.

3.1.3 Гистограмма вылова Тихоокеанского лосося

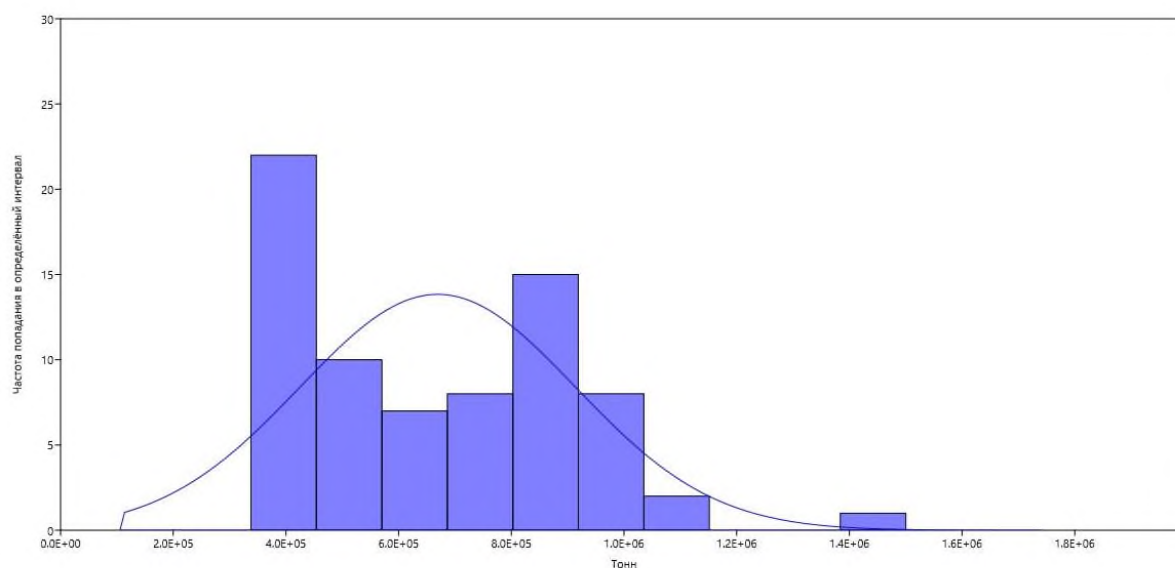


Рисунок 3.2 — Гистограмма вылова Тихоокеанского лосося

Анализ гистограммы вылова тихоокеанского лосося показывает, что основная масса выловов (около 23 случаев) приходится на интервал от 400 тыс. тонн., что говорит о типичности такого объема добычи лосося за сезон. Умеренная частота (10 случаев) наблюдается в интервале 500 тыс. - 600 тыс. тонн, что указывает на относительно частые случаи более высокого вылова. Значительно реже (5-10 случаев) встречаются объемы вылова в диапазоне 500 тыс. - 800 тыс. тонн, что свидетельствует о том, что такие показатели считаются выше среднего. Крайне редки случаи (2-3 случая) вылова в интервале 1.4 млн. тонн и, что говорит о том, что такие высокие показатели являются исключением. Это распределение указывает на выраженную сезонность и цикличность вылова лосося, существование естественного предела численности популяций, наличие периодов как высокой, так и низкой численности. Большинство сезонов характеризуется относительно стабильными показателями вылова в пределах 400 тыс. тонн, что требует от рыболовецкой отрасли готовности к колебаниям объемов добычи и планирования деятельности с учетом естественных циклов популяции лосося.

3.1.4 Автокорреляционная функция

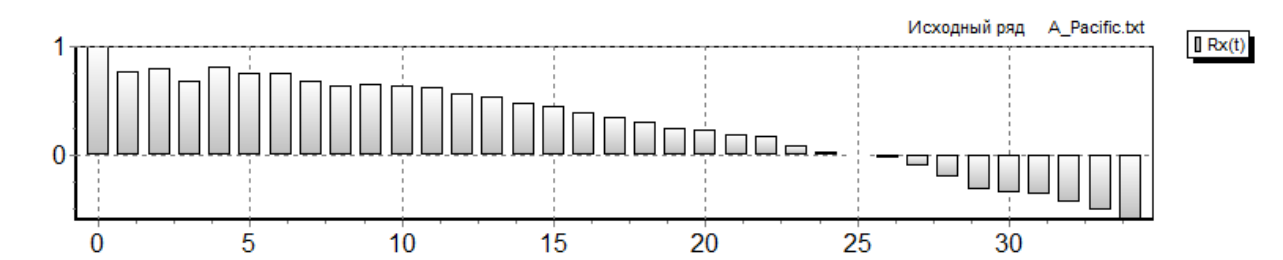


Рисунок 3.3 — Автокорреляционная функция Тихоокеанского лосося

Радиус корреляции 25, АКФ демонстрирует плавное и предсказуемое уменьшение значений с увеличением временного лага. Это свидетельствует о квазиоднородном тренде, который может быть связан с сезонными или климатическими факторами, влияющими на вылов лосося.

3.1.5 Анализ спектра и спектра остатков Тихоокеанского лосося в контексте межгодовой изменчивости

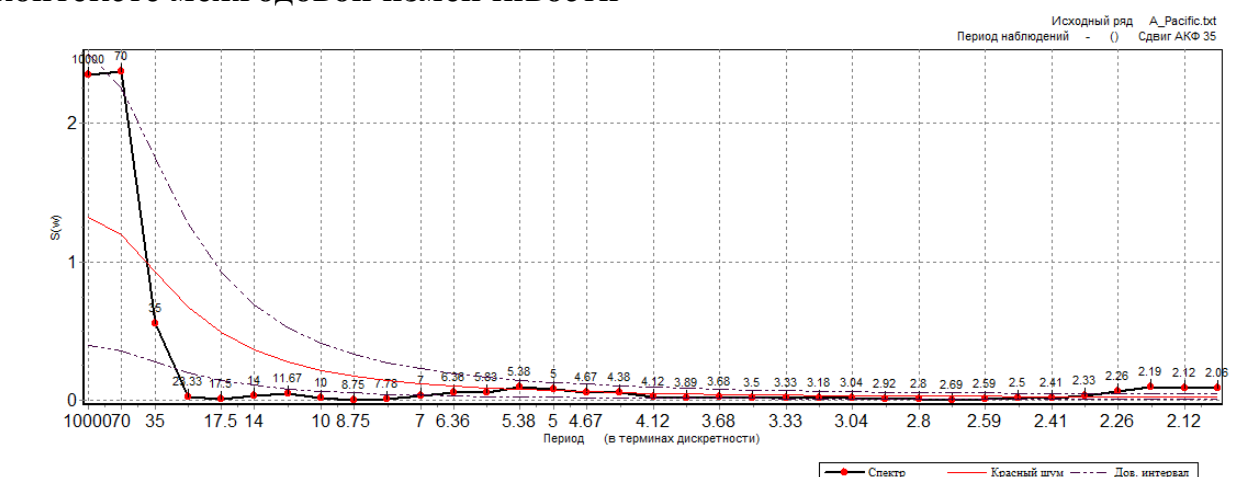


Рисунок 3.4 — Спектр временного ряда тихоокеанского лосося

Анализ спектральных характеристик показывает наличие ярко выраженного тренда, преобладающего в области низкочастотных колебаний. Данная особенность спектра указывает на наличие существенных долгосрочных изменений в исследуемом временном ряду.

В связи с этим возникает необходимость фильтрации данных.

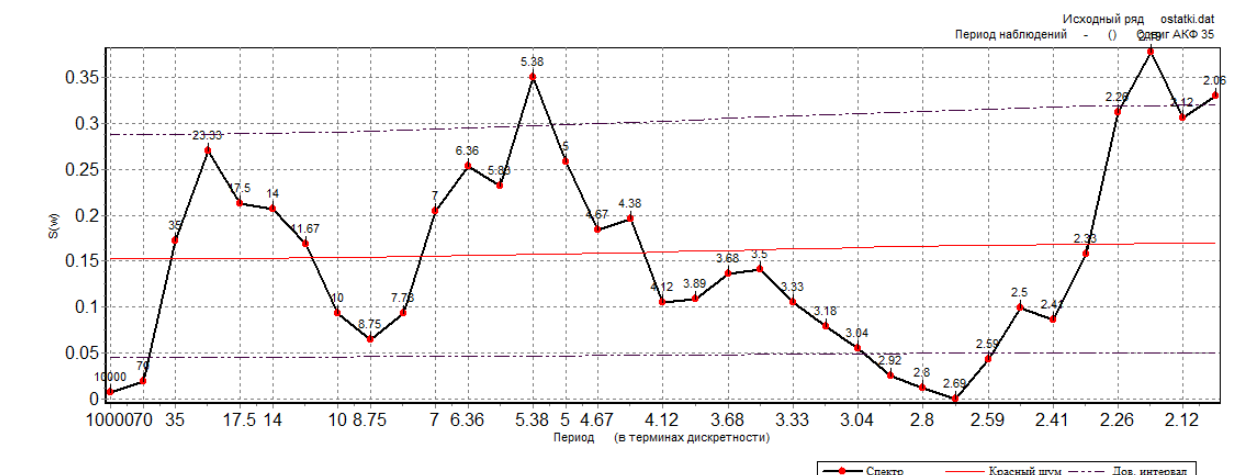


Рисунок 3.5 — Спектр остатков временного ряда Тихоокеанского лосося

Спектральный анализ остатков выявил ряд циклических закономерностей в динамике численности тихоокеанских лососей, обусловленных как биологическими особенностями видов, так и внешними факторами.

1. Основные циклы и их природа

Наиболее выраженным является 2-летний цикл, что связано с жесткой жизненной стратегией: нерест → гибель → появление нового поколения через два года. 5–7-летние циклы, соответствуют времени созревания (4–6 лет) и накладываются на климатические колебания, такие как Эль-Ниньо. 11-летний слабый пик может отражать влияние солнечной активности, однако у тихоокеанских лососей оно менее выражено, чем у атлантических, из-за доминирования региональных океанических процессов (например, Тихоокеанской декадной осцилляции, PDO).

2. Влияние Луны на жизненный цикл

Лунные циклы играют значительную роль в нересте и миграции тихоокеанских лососей. Например, чавыча часто нерестится в полнолуние, используя приливные течения для захода в реки, что может проявляться в спектре слабыми пиками на ~14 дней (полумесячный цикл). Миграция молоди также синхронизирована с приливами (новолуние/полнолуние), что может создавать краткосрочные колебания в данных.

В отличие от атлантического лосося, для которого характерны размытые спектры из-за возможности многократного нереста, у тихоокеанских видов спектральные пики выражены более четко, что обусловлено их синхронным нерестом и однократным размножением.

3. Низкочастотные колебания и климатические тренды

В низкочастотной области спектра (>20 лет) проявляется влияние долгосрочных климатических изменений, таких как потепление акватории, которое приводит к смещению ареалов лососей на север. Этот тренд выражается в росте амплитуды колебаний на периодах свыше 30 лет.

3.1.6 Полосовая фильтрация временных рядов Тихоокеанского лосося

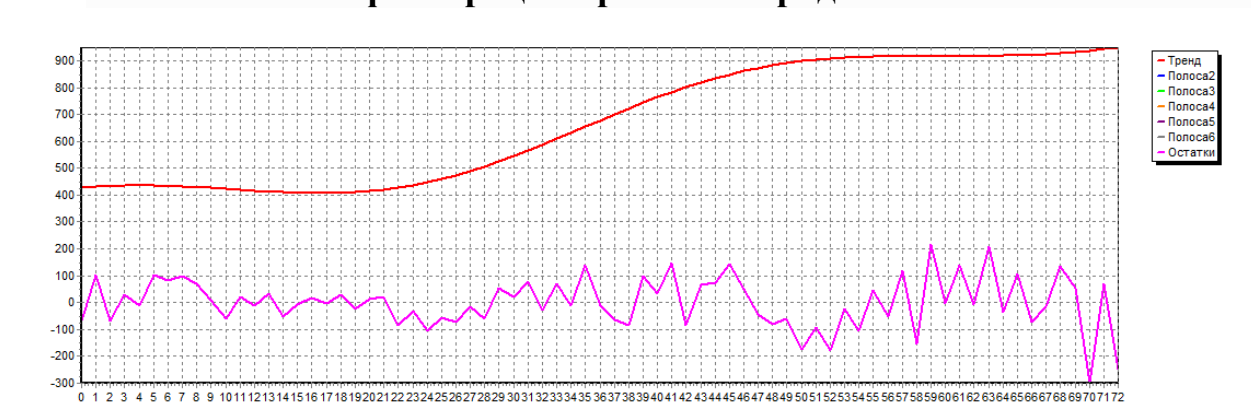


Рисунок 3.6 — График полосовой фильтрации временных рядов Тихоокеанского лосося

На графике представлены две основные компоненты: тренд (красная линия) и остатки (фиолетовая линия).

Тренд показывает долгосрочную тенденцию изменения вылова. На графике видно, что тренд имеет плавный рост с небольшими колебаниями. Это может указывать на постепенное увеличение количества вылова с течением времени. Однако в некоторых периодах наблюдается стабилизация или даже небольшое снижение, что может быть связано с экологическими факторами, такими как изменение температуры воды, доступность пищи или воздействие хищников.

Остатки представляют собой краткосрочные колебания вокруг тренда. На графике остатки имеют значительные амплитуды, что указывает на высокую изменчивость в короткие периоды. Например, в некоторых точках амплитуда достигает +200 и -300, что может отражать резкие изменения в вылове.

3.1.7 Методическое прогнозирование вылова Тихоокеанского лосося

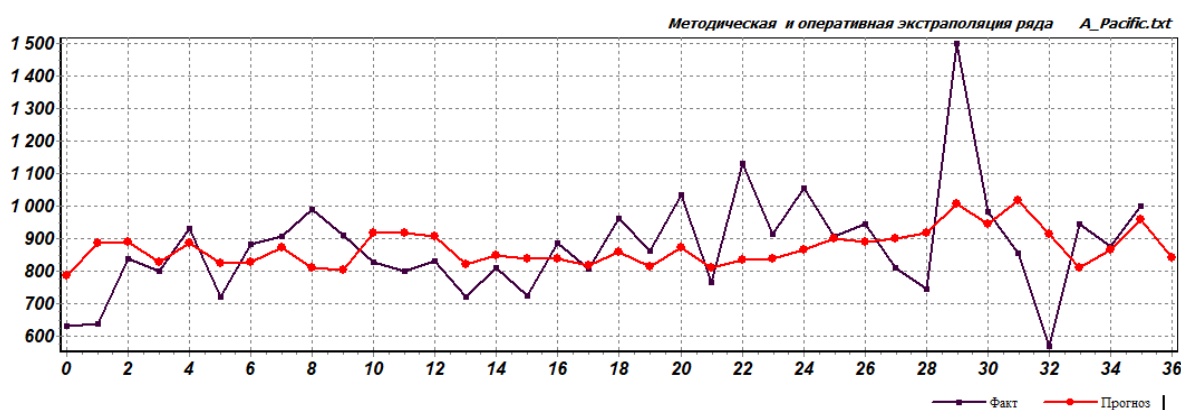


Рисунок 3.7 — График методического прогнозирования вылова Тихоокеанского лосося

Анализ динамики вылова показал наличие значительных колебаний фактических показателей, что отражается на фиолетовой линии графика. Прогнозная модель демонстрирует общую тенденцию следования за фактическими данными, однако наблюдаются существенные отклонения.

Таблица 2 — Таблица эффективности временного ряда Тихоокеанского лосося

Эффективность							
Метод	Надёжность	ЗАБЛАГОВРЕМ.	Средн.ошибка	Дисперс.ошибки	Опр. ЗНАК	Опр. 0.67 Сигма	Опр. 0.80 Сигма
Факт	0	3000	0	0	100	100	100
Климат	0.9722	0	-204.8942	25625.23	91.6667	22.2222	27.7778
Инерция	1.7889	0	-9.4167	47150.18	91.6667	44.4444	52.7778
Байес	2.3003	0	2.5313	60630.84	91.6667	33.3333	41.6667
Дин-Стат	1.261	0	-51.6302	33236.64	88.8889	41.6667	61.1111
Дин-Сток	1.405	0	-57.1132	37033	91.6667	55.5556	55.5556
АР-1	1.2352	0	-76.0132	32557.48	91.6667	55.5556	58.3333
АР-2	1.106	0	-48.7087	29150.32	88.8889	52.7778	55.5556
АР-3	1.1735	0	-61.8143	30930.69	88.8889	50	61.1111
Фурье	1.0326	0	-198.5294	27217.02	55.5556	25	30.5556
Сред.компл.	1.129	0	-78.3987	29758.49	86.1111	58.3333	61.1111
Регр.компл.	0.8679	1.4827	-4.7196	22876	91.6667	63.8889	69.4444

В данном случае строка “Факт” демонстрирует идеальную оправдываемость по всем показателям, показывая 100% определение знака и 100% оправдываемость по сигме при нулевых значениях средней и дисперсии ошибки. Это свидетельствует о высокой точности прогнозирования.

Для повышения точности прогноза была проведена фильтрация данных.



Рисунок 3.8 — График отфильтрованного автопрогноза временного ряда Тихоокеанского лосося

После фильтрации наблюдается значительное повышение методической оправдываемости прогноза. Это выражается в более точном соответствии прогнозных значений фактическим данным по всей временной шкале.

В заключительной части графика прогнозные значения демонстрируют тенденцию к снижению, что может свидетельствовать о предполагаемом уменьшении объемов вылова в будущем периоде. Такое прогнозируемое изменение требует особого внимания при планировании промысловой деятельности.

3.2 Анализ результатов вылова Dog Salmon (Горбуша)

3.2.1 График тренда вылова Dog Salmon

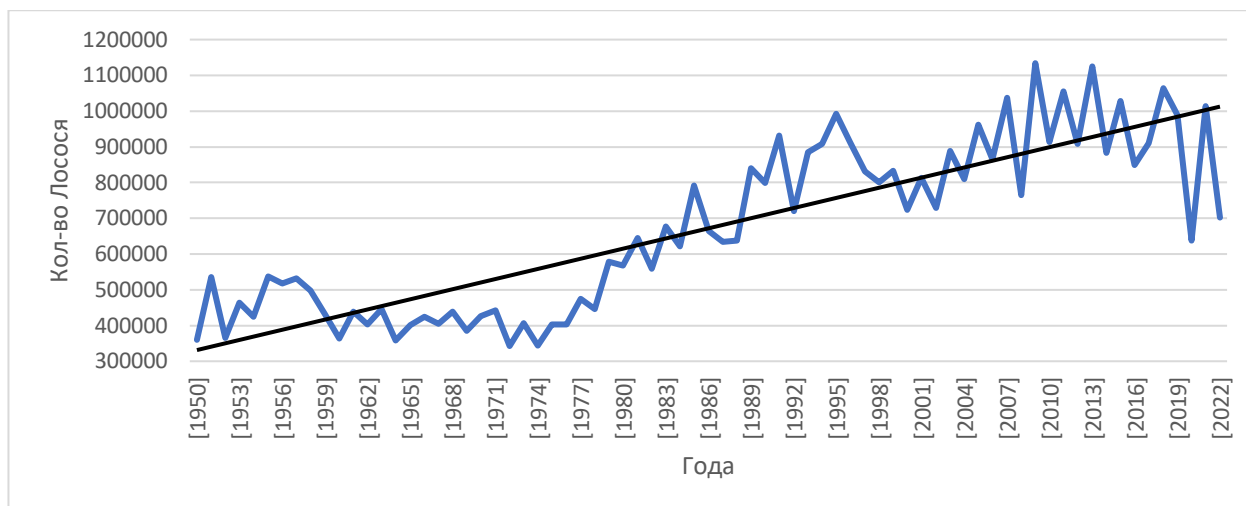


Рисунок 3.9 — График тренда вылова Dog Salmon

График демонстрирует динамику вылова Горбуши с 1950 по 2022 год.

В период с 1950 по 1970 годы объем вылова был относительно низким, колеблясь в пределах 3–6 млн. тонн. В этот период наблюдались значительные колебания, что указывает на нестабильность в вылове. С 1970 по 1990 годы вылов постепенно увеличивался, достигнув около 7–8 млн. тонн, но в 1980-х годах были периоды снижения, возможно, из-за экологических или экономических факторов.

С 1990 по 2010 годы объем вылова продолжал расти, достигнув пика в районе 11 млн. тонн, что свидетельствует о развитии рыболовной отрасли. Однако с 2012 по 2020 год наблюдается плавное понижение вылова до уровня около 8 млн. тонн. В 2020 г. из-за пандемии COVID-19 вылов прекратился, но через год работы возобновились вновь.

Линейный тренд показывает устойчивый рост вылова на протяжении всего периода, несмотря на колебания.

3.2.2 Первичная статистика Dog Salmon

Таблица 3 — Первичная статистика Dog Salmon

Среднее	671891.8493
Эксцесс	1.277040281
Дисперсия	55182498668

Горбуша показывает схожие с тихоокеанским лососем средние показатели вылова. Более высокий эксцесс указывает на большую вариативность уловов, что может быть связано с двухлетним жизненным циклом вида.

3.2.3 Гистограмма вылова Dog Salmon

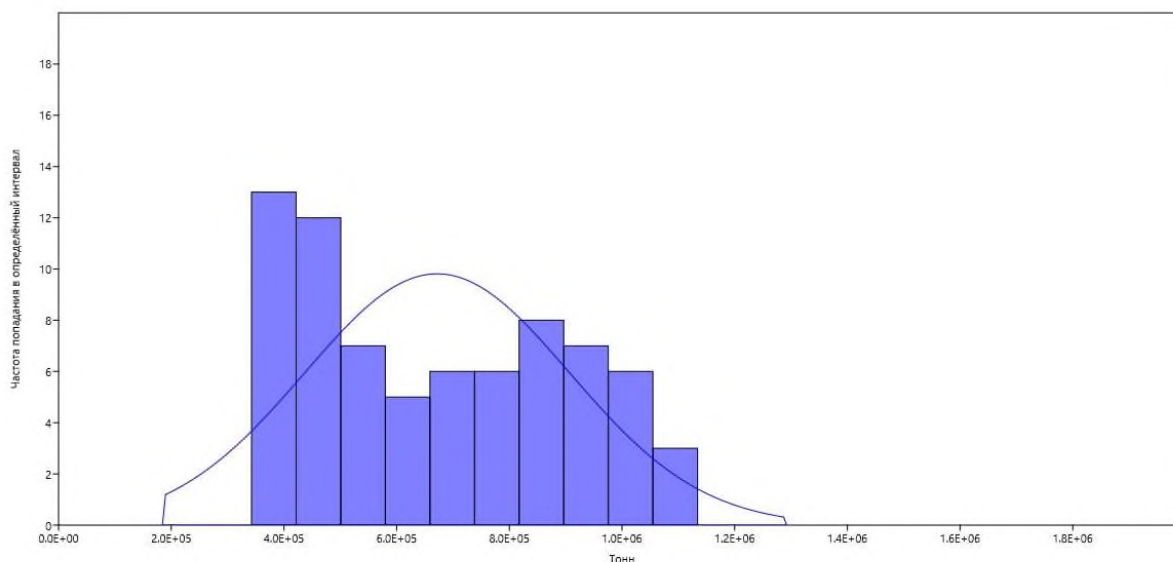


Рисунок 3.10 — Гистограмма вылова Dog Salmon

На графике по оси абсцисс отображены интервалы вылова в тоннах, а по оси ординат - частота встречаемости этих значений в выборке.

Наиболее ярко выраженная закономерность заключается в том, что максимальная частота выловов приходится на диапазон от 400 тыс. тонн до 600 тыс. тонн. Это свидетельствует о том, что данный объем является наиболее типичным для промысла данного вида рыбы. Такая концентрация значений в среднем диапазоне может указывать на оптимальное сочетание факторов, влияющих на успешность вылова: доступность рыбы, эффективность промысловых судов, экономическую целесообразность.

При дальнейшем анализе распределения видно, что с увеличением объема вылова частота его встречаемости закономерно снижается. Показательно практически полное отсутствие выловов в интервале от 1 млн. до 1.2 млн. тонн, что говорит о редкости таких крупных уловов.

Пики частоты в определенных интервалах могут соответствовать периодам, когда совокупность этих факторов создавала наиболее благоприятные условия для промысла.

3.2.4 Автокорреляционная функция (АКФ)

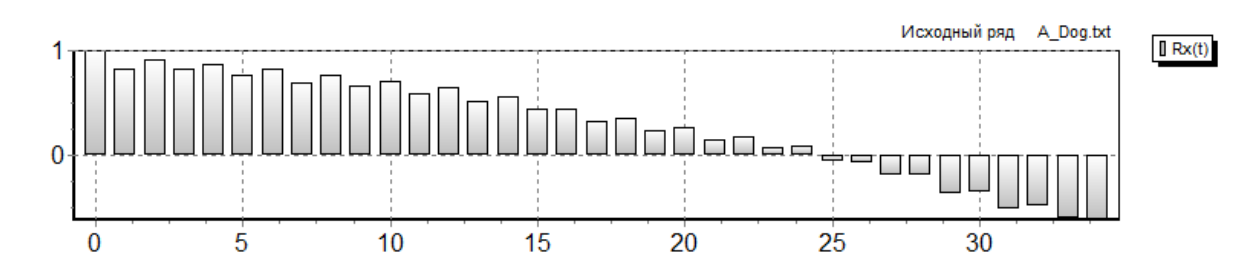


Рисунок 3.11 — Автокорреляционная функция Dog Salmon

График автокорреляционной функции вылова Горбуши демонстрирует наличие как детерминированных, так и случайных компонентов.

Детерминированные компоненты:

Тренд: на графике присутствует тренд, так как значения АКФ уменьшаются линейно с увеличением лага.

Периодичность: присутствует выраженная периодичность, что видно по регулярным пикам и спадам значений АКФ. Например, пики наблюдаются примерно каждые 2-3 лага, что может указывать на сезонность или цикличность в данных.

Цикличность: помимо периодичности, график демонстрирует циклические колебания, которые могут быть связаны с естественными или внешними факторами, влияющими на вылов.

Шумы: после первых нескольких пиков значения АКФ начинают уменьшаться и становятся менее выраженными, что указывает на наличие случайных шумов в данных.

3.2.5 Анализ спектра и спектра остатков Dog Salmon в контексте межгодовой изменчивости

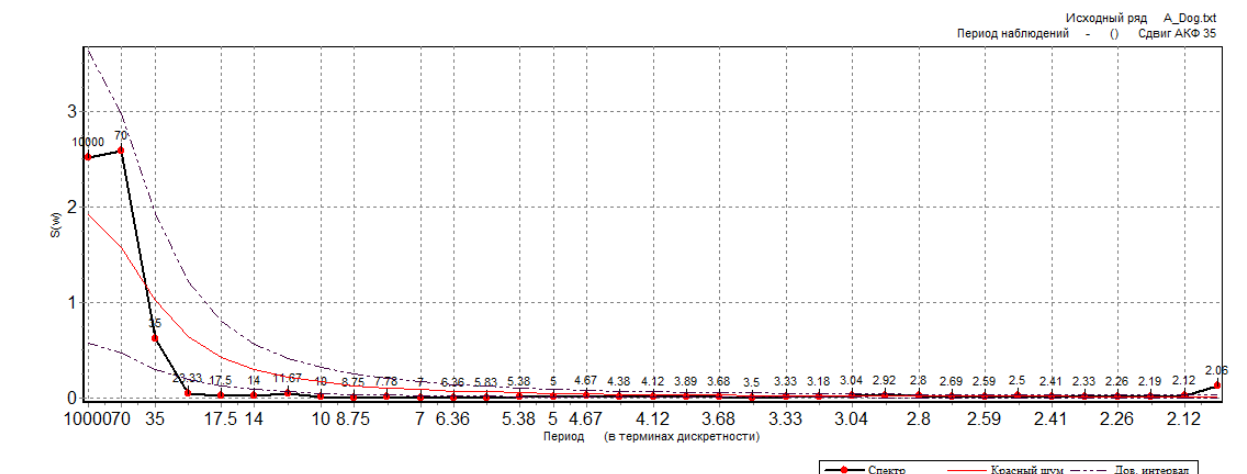


Рисунок 3.12 — Спектр временного ряда Dog Salmon

Исследование спектрального состава временного ряда выявило наличие устойчивого тренда, преимущественно проявляющегося в диапазоне низких частот. Такая структура спектра свидетельствует о присутствии значимых долгосрочных тенденций в динамике изучаемого процесса.

Выявленные характеристики спектрального анализа указывают на необходимость фильтрации данных.

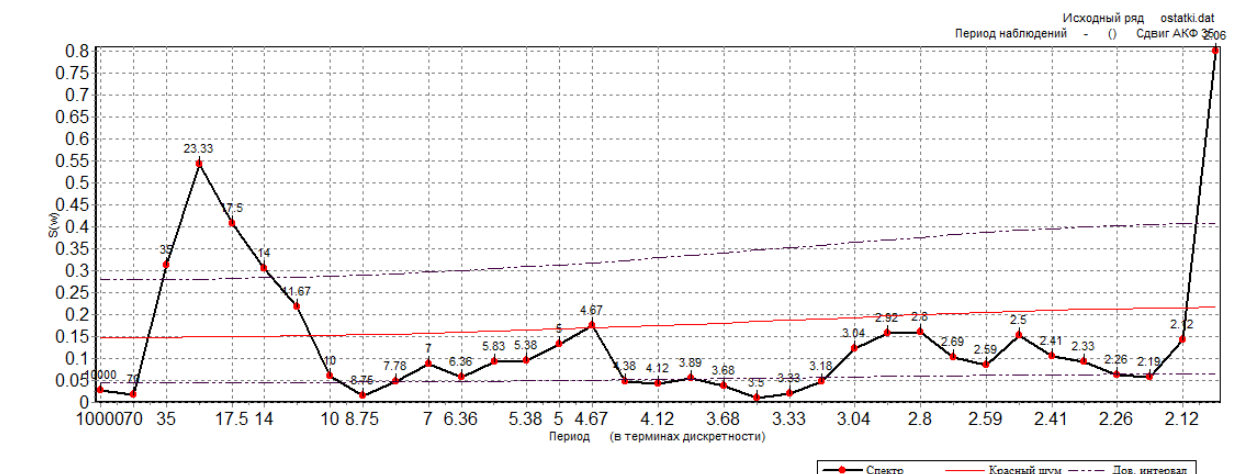


Рисунок 3.13 — Спектр остатков временного ряда Dog Salmon

1. Спектральные характеристики временных рядов.

Анализ спектра временных рядов уловов горбуши выявил несколько значимых частотных компонент. В спектре остатков наблюдаются пики на частотах, соответствующих периодам: 2.89, 2.59, 2.41, 2.26, 2.12 лет. Эти колебания могут быть обусловлены комплексным взаимодействием нескольких факторов:

Климатические циклы - влияние квазидвухлетней осцилляции и явлений Эль-Ниньо с периодичностью 2-7 лет

Лунные ритмы - проявление саркосциркадных ритмов (около 2.5 лет)

Биологические процессы - особенности жизненного цикла лососевых.

2. Влияние лунных факторов.

Луна оказывает многоплановое воздействие на жизненный цикл лососевых через:

Приливные явления - изменение уровня воды влияет на миграционные пути и нерестовые процессы

Световой режим - лунные фазы воздействуют на поведение рыб в ночное время

Гравитационные эффекты - влияют на физиологию и сроки нереста

В спектре данных это может проявляться как пики на частотах, соответствующих лунным циклам, включая 18.6-летний цикл узлов лунной орбиты.

3. Спектральная характеристика жизненного цикла

Анализ спектра позволяет проследить связь между жизненным циклом видов и частотными характеристиками:

Горбуша демонстрирует пики в низкочастотной области (около 2.12 лет), что соответствует её двухлетнему жизненному циклу.

4. Видовые особенности спектральной характеристики

Различные виды лососевых демонстрируют уникальные спектральные паттерны, обусловленные:

Различиями в продолжительности жизненного цикла

Разной чувствительностью к климатическим факторам

Отличными ареалами обитания и миграционными путями

5. Влияние астрофизических факторов

Астрофизические циклы оказывают существенное влияние на динамику популяций:

11-летний солнечный цикл проявляется в низкочастотной области спектра, воздействуя на климатические условия

Лунные циклы влияют на нерестовые процессы через приливные явления

6. Низкочастотные компоненты и климатические изменения

В низкочастотной области спектра (периоды более 10 лет) наблюдаются пики, связанные с:

Долгосрочными климатическими изменениями - влияние Тихоокеанской декадной осцилляции

Антропогенными факторами - изменение температурного режима и кислотности воды

3.2.6 Полосовая фильтрация временных рядов Dog Salmon

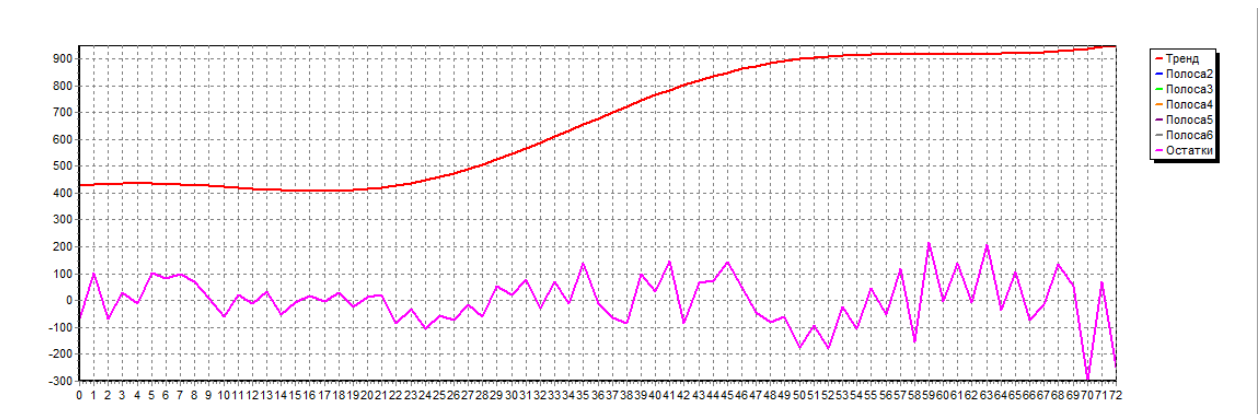


Рисунок 3.14 — График полосовой фильтрации временных рядов Dog Salmon

На графике представлены результаты полосовой фильтрации временного ряда вылова Горбуши, включающие тренд и остатки.

Тренд демонстрирует плавное увеличение вылова с течением времени. В начале графика наблюдается меньший вылов, что может указывать на период депрессии популяции. В середине графика тренд стабилизируется, а затем начинает расти, достигая максимального значения к концу периода. Это свидетельствует об успешном вылове, с чем связаны благоприятные условия для роста популяции, таких как: улучшение кормовой базы или снижение хищничества.

Остатки представляют собой высокочастотные колебания, отражающие случайные или краткосрочные изменения в вылове. Амплитуда остатков варьируется, с периодами значительных всплесков и спадов. Например, в начале графика наблюдаются резкие колебания, что может быть связано с нестабильностью популяции или изменениями в методах промысла. К концу графика амплитуда остатков уменьшается, что свидетельствует о стабилизации условий.

3.2.7 Методическое прогнозирование вылова Dog Salmon

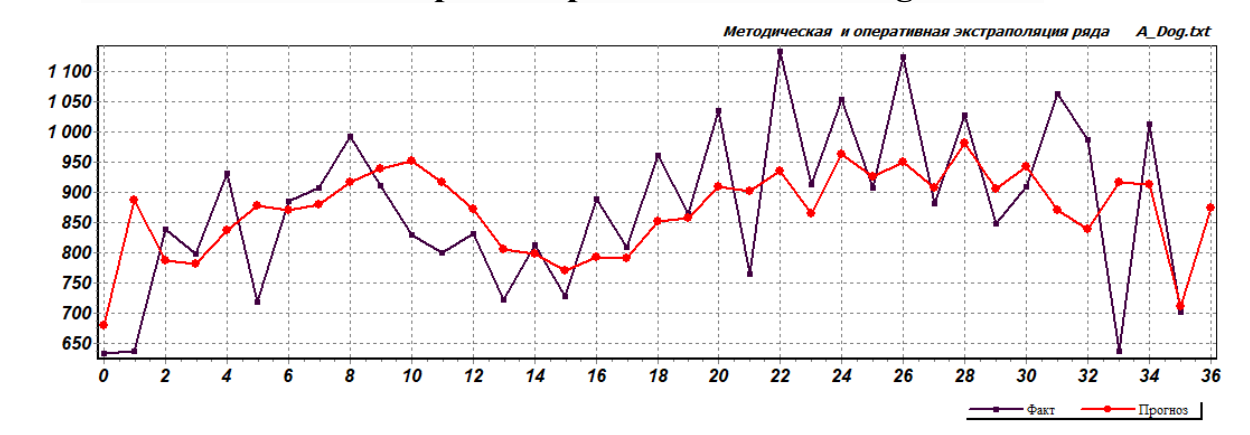


Рисунок 3.15 — График автопрогноза временного ряда Dog Salmon

Анализ графика автопрогноза промыслового вылова горбуши демонстрирует неоднозначную картину методической оправданности прогнозной модели. Для улучшения качества прогноза требуется провести фильтрацию данных.

Таблица 4 — Таблица эффективности временного ряда Dog Salmon

Эффективность							
Метод	Надёжность	ЗАБЛАГОВРЕМ.	Средн.ошибка	Дисперс.ошибки	Опр. ЗНАК	Опр. 0.67 Сигма	Опр. 0.80 Сигма
Факт	0	3000	0	0	100	100	100
Климат	0.9722	0	-203.8152	17130.53	91.6667	19.4444	22.2222
Инерция	1.7857	0	-1.0722	31463.89	91.6667	36.1111	41.6667
Байес	2.3945	0	13.9778	42190.27	91.6667	22.2222	27.7778
Дин-Стат	1.1276	0	-37.8347	19867.39	88.8889	41.6667	41.6667
Дин-Сток	1.4036	0	-50.5415	24730.8	91.6667	38.8889	47.2222
АР-1	1.326	0	-63.5922	23363.8	91.6667	41.6667	47.2222
АР-2	0.8622	1.5142	-35.7924	15192.49	88.8889	55.5556	61.1111
АР-3	0.9673	0.8775	-45.4778	17043.52	88.8889	55.5556	58.3333
Фурье	0.8691	0	-195.9617	15313.36	61.1111	19.4444	27.7778
Сред.компл.	1.0461	0	-68.9011	18431.61	88.8889	44.4444	52.7778
Регр.компл.	0.6931	2.5419	-5.6229	12212.39	91.6667	55.5556	66.6667

Подавляющее большинство методов показывает высокий уровень оправдываемости, близкий к 90%. В практическом применении наиболее предпочтительными являются методы первой группы с оправдываемостью 91.67%.



Рисунок 3.16 — График отфильтрованного автопрогноза временного ряда Dog Salmon

Анализ графика отфильтрованного автопрогноза демонстрирует значительное улучшение качества прогнозных оценок после применения процедур фильтрации данных.

Важно отметить, что после проведения фильтрации данных наблюдается существенное повышение методической оправдываемости прогноза. Это выражается в более точном соответствии прогнозных значений фактическим данным на протяжении всего анализируемого периода. Улучшение качества прогноза становится очевидным при сопоставлении фактических и прогнозных значений, где прослеживается минимизация отклонений между ними.

В заключительной части графика прогнозные значения демонстрируют тенденцию к снижению, что может свидетельствовать о предполагаемом уменьшении объемов вылова в будущем периоде. Такое прогнозируемое изменение требует особого внимания при планировании промысловой деятельности.

3.3 Анализ результатов вылова не массовых видов лосося

3.3.1 График тренда вылова не массовых видов

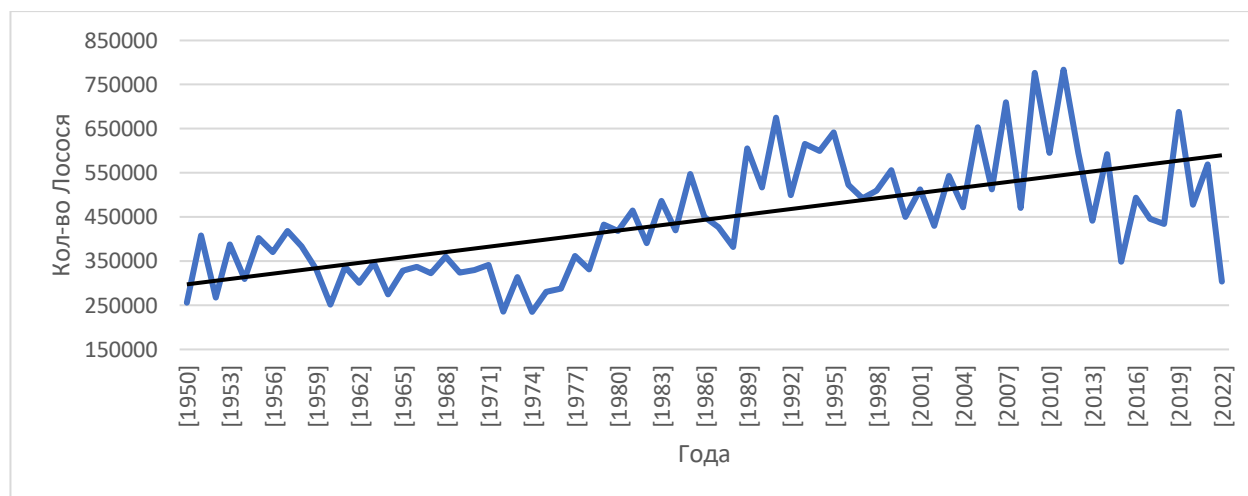


Рисунок 3.17 — График тренда вылова не массовых видов лосося

График демонстрирует динамику вылова из оставшегося промыслового лосося различной видовой принадлежности с 1950 по 2022 год. Общая тенденция показывает постепенный рост вылова, который продолжается до конца периода. Однако на графике также видны значительные колебания объемов вылова. Например, в 1980-х годах наблюдались периоды как резкого увеличения, так и снижения вылова. В 1990-х годах также заметны пики и спады. Наиболее высокие пики вылова приходятся на 2000-е и 2010-е годы. В последние годы, с 2012 года, наблюдается нестабильный рост вылова, достигающий минимума в 2022 году. Это может быть связано с уменьшением популяций лосося или ухудшением условий для их вылова.

Линейный тренд показывает устойчивый рост вылова на протяжении всего периода, несмотря на колебания.

3.3.2 Первичная статистика не массовых видов лосося

Таблица 5 — Первичная статистика не массовых видов лосося

Среднее	443684.1233
Эксцесс	-0.20995323
Дисперсия	17282809881

Меньшее среднее значение по сравнению с основными видами. Отрицательный эксцесс указывает на более равномерное распределение уловов.

3.3.3 Гистограмма вылова не массовых видов лосося

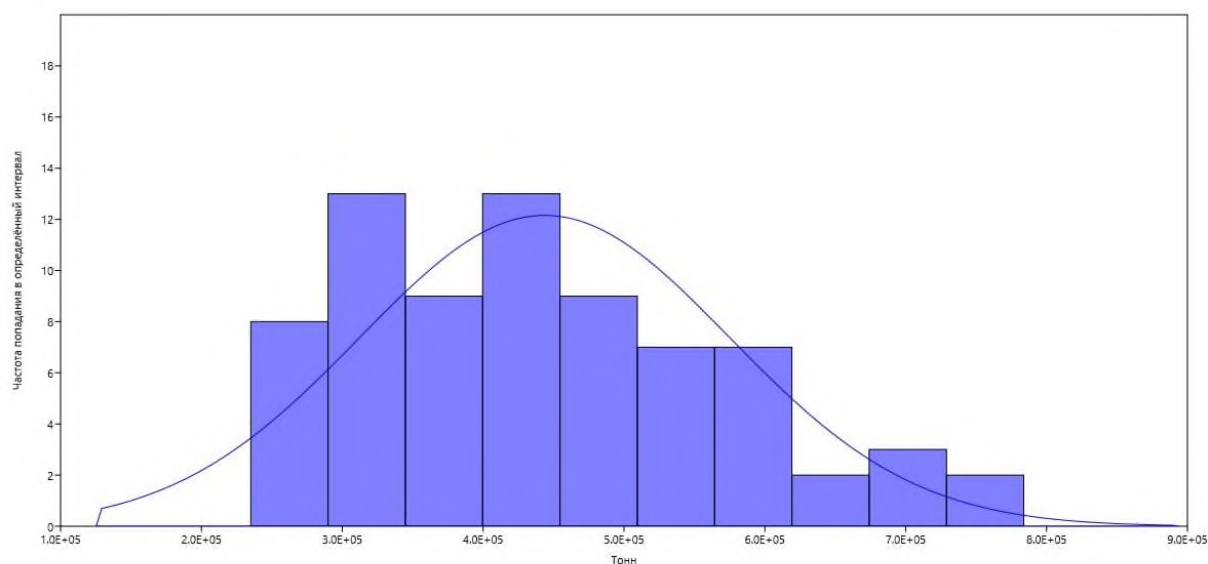


Рисунок 3.18 — Гистограмма вылова не массовых видов лосося

Гистограмма показывает распределение вылова оставшегося промыслового лосося в тоннах за период с 1950 по 2022 год. На графике видно, что основная масса вылова сосредоточена в диапазоне от 300 тыс. до 500 тыс. тонн. Это может свидетельствовать о том, что в этот период был достигнут стабильный уровень промысла, который обеспечивал как потребности рынка, так и сохранение популяции лосося.

Однако, в более низких диапазонах до 300 тыс. тонн и в более высоких, а именно свыше 500 тыс. тонн, частота вылова значительно ниже.

3.3.4 Автокорреляционная функция

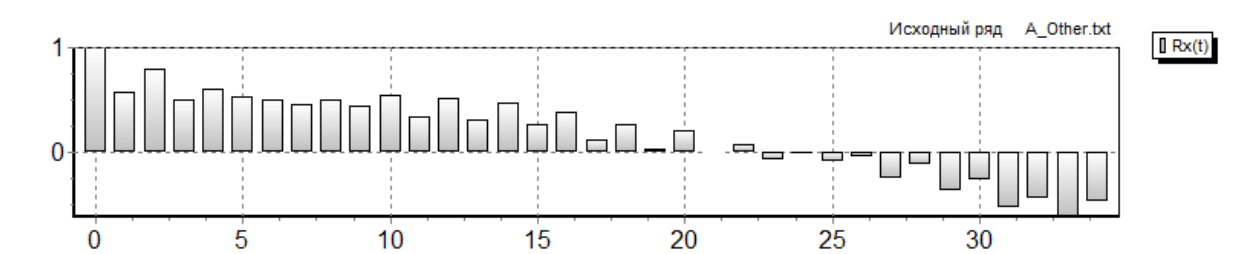


Рисунок 3.19 — Автокорреляционная функция не массовых видов лосося

Видно, что временной ряд вылова промыслового лосося не демонстрирует явного линейного тренда, что подтверждается отсутствием монотонного изменения значений АКФ при увеличении лага. Это свидетельствует о том, что в данных отсутствуют систематические изменения среднего уровня вылова с течением времени.

При анализе периодических компонент был выявлен выраженный пик на определенном лаге, преимущественно около 0. Данная особенность может указывать на наличие сезонных колебаний в динамике вылова лосося.

Исследование случайных компонент показало наличие циклических изменений, которые не являются строго периодическими. На это указывает неоднородная структура пиков АКФ на различных лагах. При этом значения АКФ на больших лагах, после 20, становятся менее выраженными, что свидетельствует о наличии случайных колебаний или шумов в данных.

3.3.5 Анализ спектра и спектра остатков не массового вида лосося в контексте межгодовой изменчивости

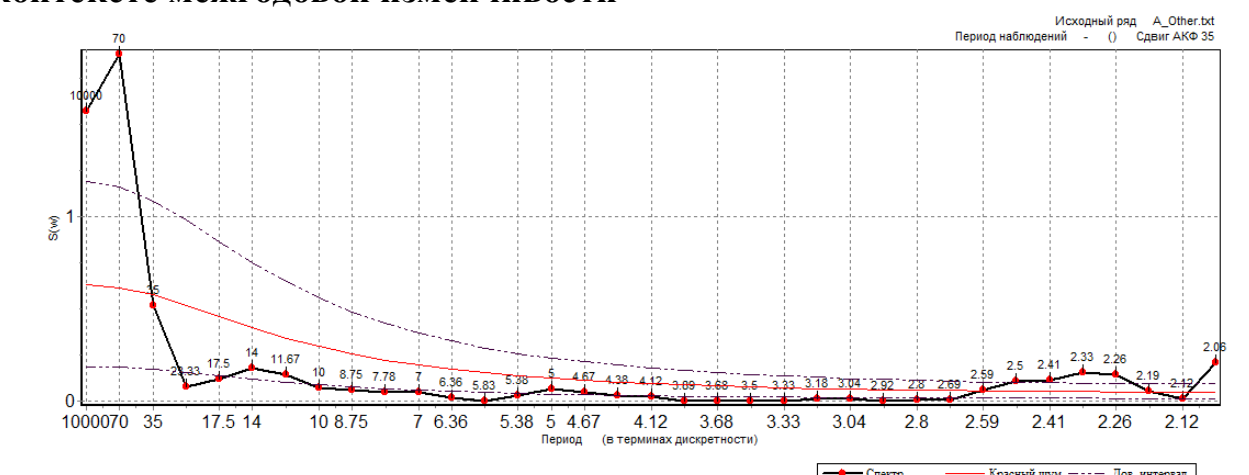


Рисунок 3.20 — Спектр временного ряда не массовых видов лосося

Спектр демонстрирует выраженный тренд, который доминирует в диапазоне низких частот.

Для дальнейшего анализа данных необходимо провести фильтрацию. Это позволит более точно определить характеристики временных рядов и выявить закономерности, которые могут быть скрыты под влиянием тренда.

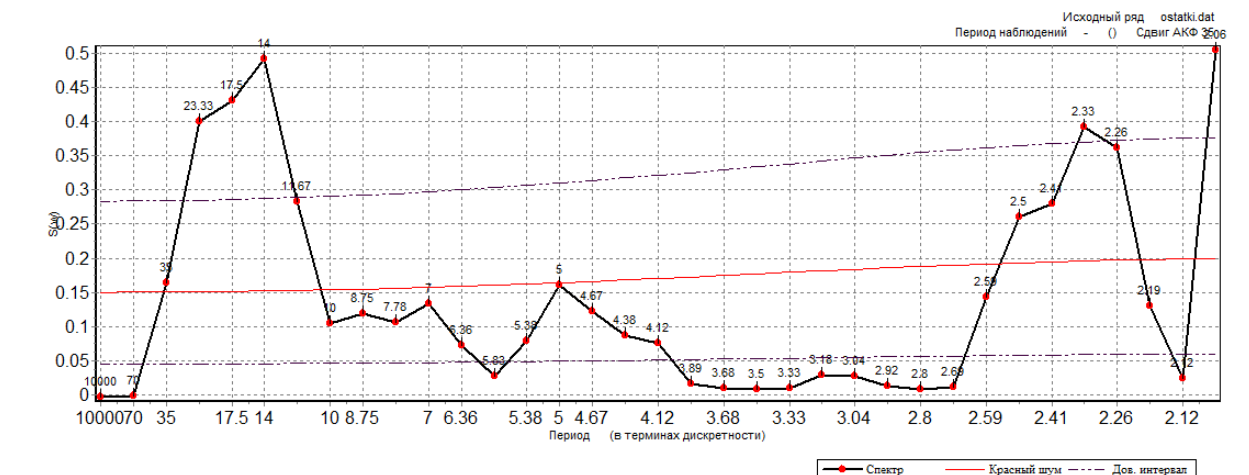


Рисунок 3.21 — Спектр остатков временного ряда не массовых видов лосося

1. Общая характеристика спектральных особенностей

Спектральный анализ временных рядов не массовых видов лососевых позволил выявить три основных частотных диапазона:

Низкочастотные компоненты (периоды более 10 лет) - связаны с климатическими циклами (PDO, ENSO, солнечная активность)

Среднечастотные компоненты (2-7 лет) - отражают биологические циклы и влияние океанических осцилляций

Высокочастотные компоненты (менее 2 лет) - обусловлены сезонными факторами, лунными циклами и краткосрочными климатическими аномалиями

2. Влияние астрофизических факторов

Астрофизические циклы оказывают различное влияние на популяции:

Лунные циклы (18.6 лет, 4.5 года, 1 год) особенно заметны в спектрах прибрежных видов (Горбуша, Нерка)

Солнечная активность (11-летний цикл) коррелирует с низкочастотными колебаниями численности всех видов

3. Анализ спектральных остатков

Пики в спектре остатков указывают на влияние неучтенных факторов:

Для Чавычи - возможное влияние гидроэлектростанций на миграционные пути

Для Нерки и Горбуши - влияние браконьерства или изменения речного стока

Общие пики могут отражать внезапные изменения температуры или антропогенное воздействие

3.3.6 Полосовая фильтрация временных рядов

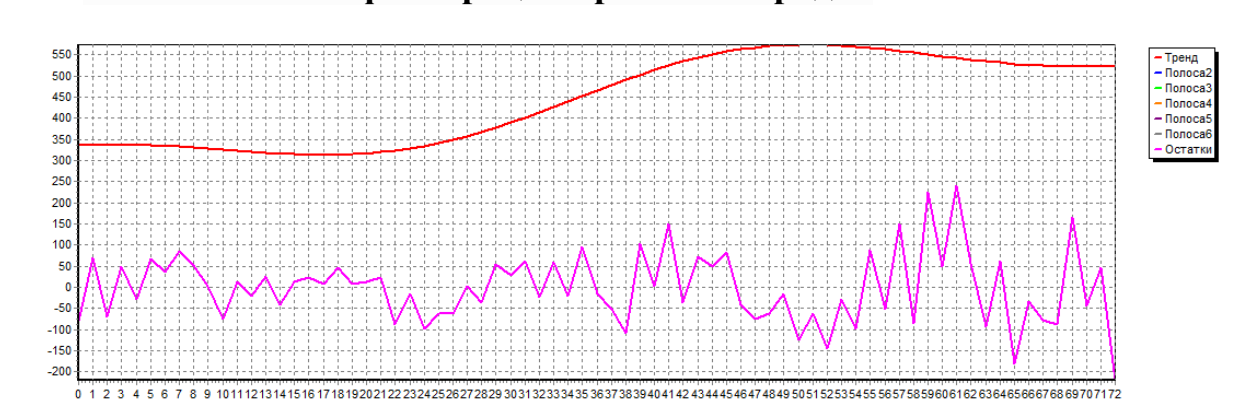


Рисунок 3.22 — График полосовой фильтрации временных рядов не массовых видов лосося

Результаты полосовой фильтрации демонстрируют наличие двух основных частотных групп: тренда и остатков.

Анализ трендовой компоненты показал следующее:

Тренд представляет собой долгосрочную тенденцию изменения вылова промыслового лосося. В начальной фазе наблюдается относительно стабильный уровень, который впоследствии демонстрирует постепенный рост. Максимальные значения трендовой компоненты приходятся на середину анализируемого периода, что свидетельствует о периоде максимальной продуктивности промысла. После достижения пика наблюдается тенденция к снижению, что может быть обусловлено различными факторами, включая изменения в условиях обитания лосося, интенсивности промысла или естественных колебаний численности популяции.

Остаточная компонента отражает краткосрочные колебания вылова относительно трендовой линии и характеризуется более высокой динамикой изменений. В начале анализируемого периода амплитуда колебаний остаточной компоненты относительно невелика, что указывает на стабильность промысла в этот период. Значительное увеличение амплитуды остатков наблюдается в середине временного ряда, что совпадает с периодом максимального значения тренда. Данный факт может свидетельствовать о усилении влияния сезонных факторов или увеличении вариабельности вылова в период максимальной продуктивности.

Анализ моментов активизации и депрессии остаточной компоненты позволяет выделить следующие особенности: периоды активизации остатков преимущественно совпадают с фазами увеличения трендовой компоненты, что указывает на усиление сезонных колебаний в периоды высокой продуктивности. В заключительной фазе анализируемого периода наблюдается небольшая депрессия остаточной компоненты, что может быть обусловлено различными факторами: снижением активности промысла, изменениями в популяции лосося или воздействием внешних экологических факторов.

3.3.7 Методическое прогнозирование вылова не массовых видов лосося

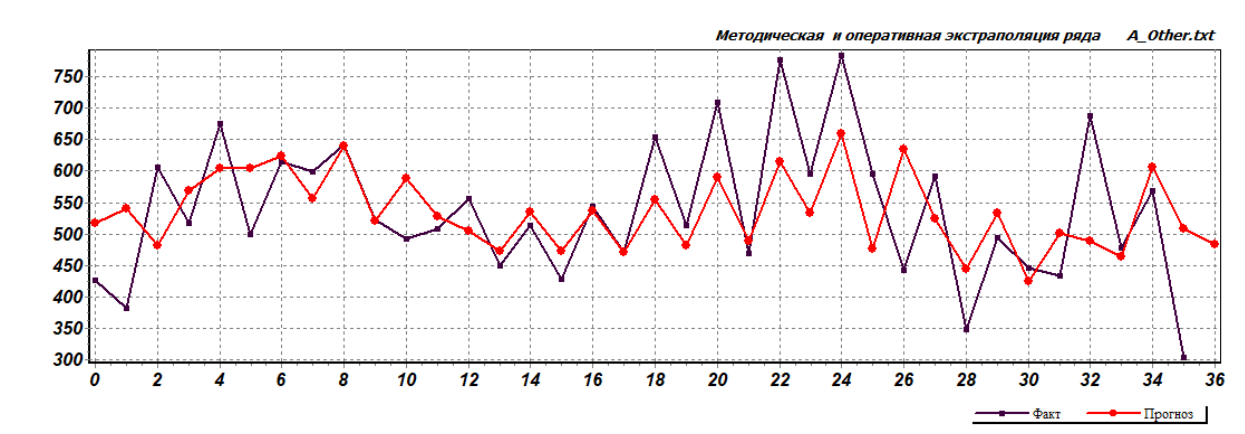


Рисунок 3.23 — График автопрогноза временного ряда не массовых видов лосося

График демонстрирует нестабильность вылова, что может быть связано с сезонными факторами, погодными условиями или другими внешними влияниями. Прогнозные значения в целом отражают общую тенденцию, но не всегда точно совпадают с фактическими данными. Требуется фильтрация данных.

Таблица 6 — Таблица эффективности временного ряда не массовых видов лосося

Эффективность							
Метод	Надёжность	ЗАБЛАГОВРЕМ.	Средн.ошибка	Дисперс.ошибки	Опр. ЗНАК	Опр. 0.67 Сигма	Опр. 0.80 Сигма
Факт	0	3000	0	0	100	100	100
Климат	0.9722	0	-93.6802	12044.58	80.5556	47.2222	50
Инерция	1.9118	0	4.0528	23684.65	69.4444	30.5556	36.1111
Байес	2.3686	0	16.3671	29343.35	69.4444	27.7778	27.7778
Дин-Стат	1.1998	0	-34.7077	14863.5	72.2222	55.5556	61.1111
Дин-Стох	1.5228	0	-19.7941	18865.1	69.4444	36.1111	41.6667
АР-1	1.1901	0	-49.9037	14743.24	69.4444	47.2222	55.5556
АР-2	0.8683	1.4803	-17.7835	10757.67	72.2222	58.3333	66.6667
АР-3	0.9044	1.2784	-25.7485	11204.44	69.4444	55.5556	66.6667
Фурье	0.9252	0	-101.7429	11462.53	52.7778	41.6667	47.2222
Сред.компл.	1.0821	0	-35.8823	13405.7	72.2222	55.5556	58.3333
Регр.компл.	0.6959	2.5222	-1.1093	8621.383	77.7778	61.1111	61.1111

Наивысшую точность демонстрируют фактические данные, что служит примером для сравнения. Среди прогностических методов лучший результат показал метод "Климат" (80.56%), что свидетельствует о его высокой надежности в определении направления изменений вылова. Достаточно высокие результаты также у методов "Регрессионный комплексный" (77.78%), "Динамико-Статистический" и "Авторегрессионная модель 2-го порядка" (по 72.22%), что указывает на их применимость для качественного прогнозирования. Наименьшую точность (52.78%) продемонстрировал метод "Фурье", что может быть связано с его ограниченной адаптивностью к нерегулярным колебаниям в данных.



Рисунок 3.24 — График отфильтрованного автопрогноза временного ряда не массовых видов лосося

После фильтрации данных автопрогноз вылова не массового промыслового вида лосося демонстрирует значительное улучшение методической оправдываемости, уменьшение отклонений между прогнозом и фактическими значениями, что свидетельствует о повышении качества прогноза.

3.4 Анализ результатов вылова Атлантического лосося

3.4.1 График тренда вылова Атлантического лосося



Рисунок 3.25 — График тренда вылова Атлантического лосося

График тренда вылова атлантического лосося за период с 1950 по 2022 год демонстрирует значительные колебания. В начале периода, с 1950 по 1970 годы, наблюдается постепенный рост вылова, который достигает пика в 1970 году, дойдя до отметки в 14 миллионов тонн. После этого следует резкий спад, и к 1983 году уровень вылова снижается до минимальных значений.

С 1985 по 1990 годы вылов постепенно увеличивается.

В последующие годы, с 1990 по 2022, наблюдается чередование периодов роста и спада, но общий тренд остается нестабильным. В 2017 году отметка достигает критических 0 тонн, а в 2022 году уровень вылова составляет около 5 миллионов тонн, что значительно ниже пиковых значений предыдущих лет.

Линейный тренд показывает устойчивый рост вылова на протяжении всего периода, несмотря на колебания

Отсутствие вылова атлантического лосося в 2017 году, когда показатель составляет 0 тонн, может быть связано с несколькими факторами:

Экологические изменения: Изменения в температуре воды, солености или доступности пищи могут повлиять на миграцию и размножение лосося, что приводит к снижению его численности в промысловых зонах.

Рыболовная политика: возможно, в 2017 году были введены строгие ограничения на вылов лосося для восстановления популяции, что могло временно прекратить промысел.

Естественные циклы популяций: Лосось имеет циклические периоды высокой и низкой численности. 2017 год мог приходиться на фазу низкого воспроизводства.

Экономические факторы: Снижение спроса на лосося или высокая стоимость добычи могли сделать промысел невыгодным.

Климатические явления: Экстремальные погодные условия, такие как штормы или изменения в течениях, могли повлиять на доступность лосося для рыбаков.

3.4.2 Первичная статистика Атлантического лосося

Таблица 7 — Первичная статистика Атлантического лосося

Среднее	5563168.169
Эксцесс	-0.927040937
Дисперсия	13931182724380.50

Средние показатели вылова по сравнению с другими видами. Отрицательный эксцесс и высокая дисперсия свидетельствуют о существенной неравномерности уловов, что может быть связано с сезонными факторами и особенностями жизненного цикла.

3.4.3 Гистограмма вылова Атлантического лосося

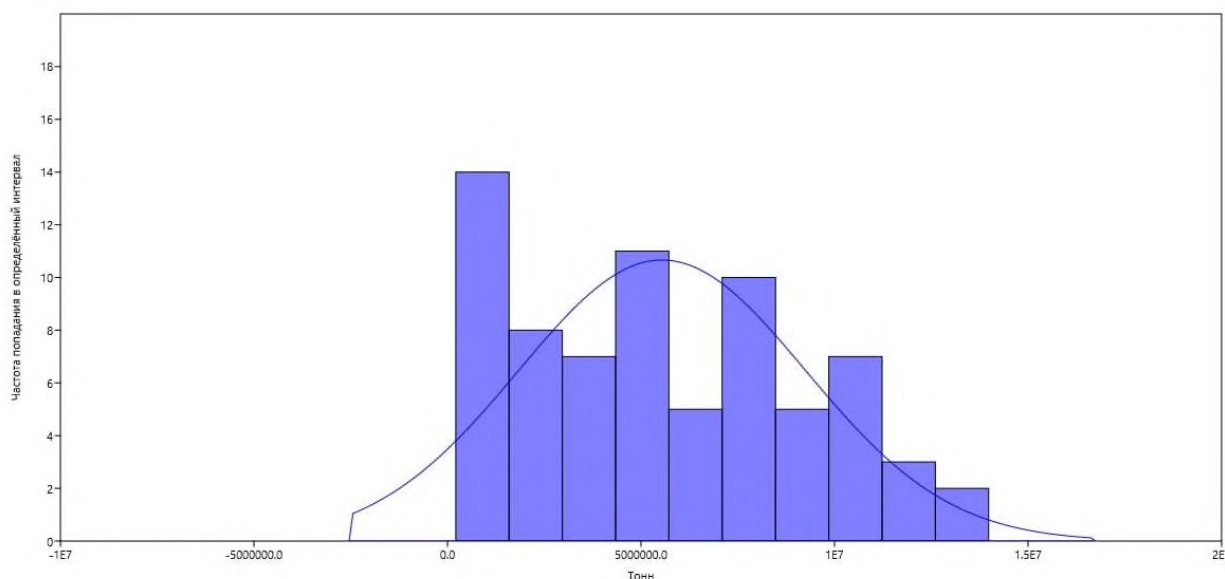


Рисунок 3.26 — Гистограмма вылова Атлантического лосося

Анализ гистограммы вылова атлантического лосося за период с 1950 по 2022 год показывает важные особенности рыбного промысла этого вида. Большинство выловов (наиболее высокая частота) находится в интервале от 0 до 5 млн. тонн, что говорит о стабильной и типичной для данного вида лосося величине вылова. Это указывает на то, что рыболовецкая отрасль выстроила устойчивую систему добычи, позволяющую поддерживать относительно постоянный объем вылова в пределах этого диапазона.

Редкость выловов в интервалах от 5 до 10 млн. тонн и от 10 до 15 млн. тонн свидетельствует о естественных ограничениях популяции атлантического лосося или о строгих квотах на вылов, установленных для сохранения вида. Практически полное отсутствие значений выше 15 млн. тонн подтверждает наличие устойчивого механизма регулирования промысла, который не допускает чрезмерного вылова и способствует сохранению популяции.

3.4.4 Автокорреляционная функция

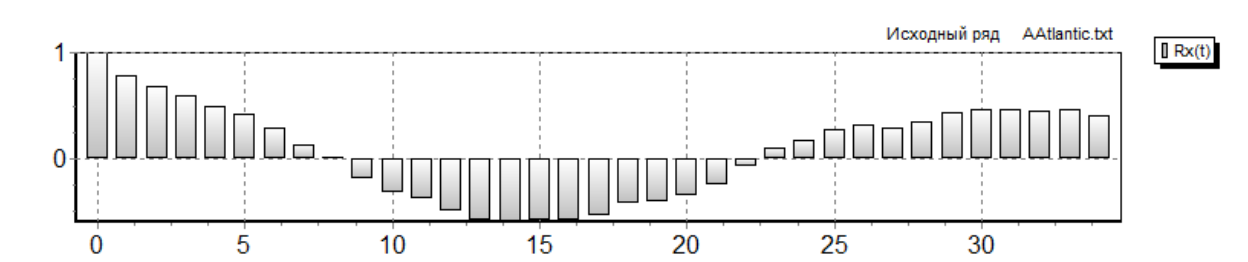


Рисунок 3.27 — Автокорреляционная функция Атлантического лосося

Инерционность процесса проявляется в медленном затухании автокорреляции с увеличением лага. Это указывает на то, что значения вылова сохраняют определенную зависимость на протяжении нескольких временных периодов, что характерно для биологических популяций, где существует временной лаг между факторами воздействия и их влиянием на численность.

Периодическая составляющая АКФ выражается в наличии регулярных пиков на определенных временных интервалах. Наблюдаемые пики на лагах около 0 и 15 могут указывать на наличие двух основных периодов колебаний в данных. Это может быть связано с биологическими циклами развития лосося или сезонными факторами, влияющими на его миграцию и нерест.

3.4.5 Анализ спектра и спектра остатков атлантического лосося в контексте межгодовой изменчивости

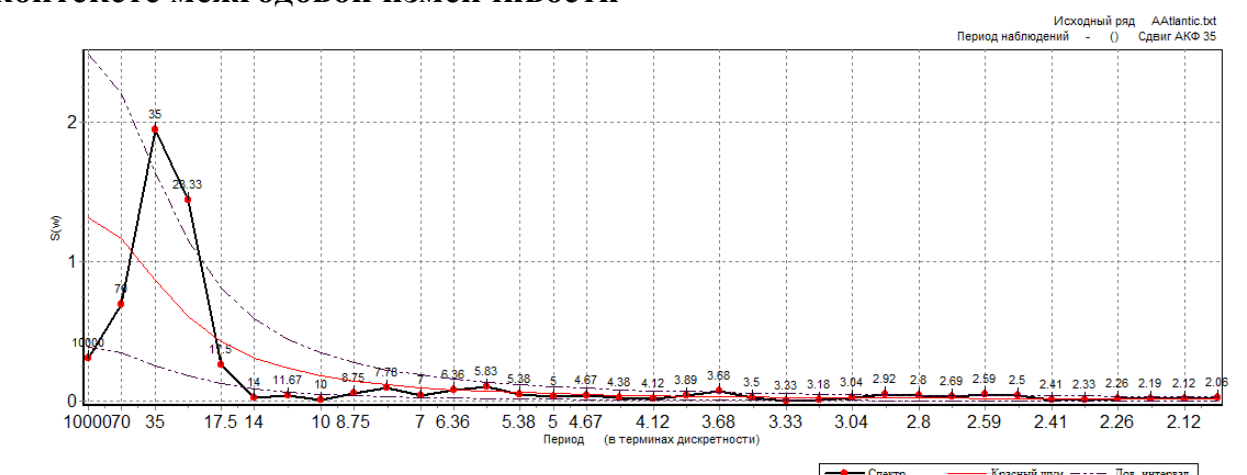


Рисунок 3.28 — Спектр временного ряда Атлантического лосося

Спектр демонстрирует выраженный тренд, который доминирует в диапазоне низких частот.

Для дальнейшего анализа данных необходимо провести фильтрацию. Это позволит более точно определить характеристики временных рядов и выявить закономерности, которые могут быть скрыты под влиянием тренда.

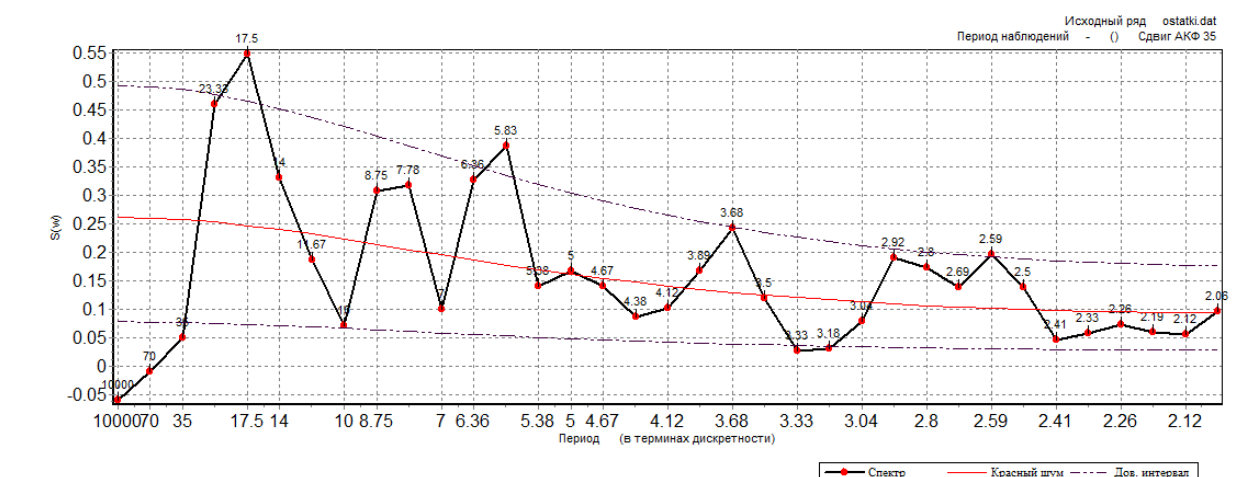


Рисунок 3.29 — Спектр остатков временного ряда Атлантического лосося

В результате спектрального анализа временных рядов вылова лососевых были выявлены характерные периодические колебания различной продолжительности. Наиболее значимые пики наблюдаются на частотах, соответствующих периодам около 11 лет, 3-5 лет и 1-2 года.

1. Влияние солнечной активности

11-летний цикл напрямую связан с солнечной активностью, которая оказывает существенное влияние на климатические условия в акваториях обитания лосося. Изменение температуры воды и океанических течений, обусловленное солнечной активностью, влияет на доступность кормовой базы и, как следствие, на динамику популяций лососевых.

3-5 летние циклы коррелируют с климатическими явлениями Эль-Ниньо/Ла-Нинья, которые вызывают значительные изменения океанических условий, влияющих на жизнедеятельность лосося.

2. Влияние лунных циклов:

Приливные явления играют важную роль в миграционных процессах лосося, особенно в прибрежных зонах. Молодь лосося использует приливные течения для выхода в океан. Лунные фазы оказывают влияние на нерестовый период некоторых видов лосося, обеспечивая оптимальные условия для выживания молоди.

3. Спектральная характеристика жизненного цикла

Анализ спектра позволяет выделить три основных компонента, отражающих различные аспекты жизненного цикла лосося:

Низкочастотные компоненты отражают вековые климатические изменения, влияющие на продолжительность жизни и воспроизводство

Среднечастотные компоненты (5-10 лет) соответствуют поколенческим циклам и времени достижения половой зрелости

Высокочастотные компоненты (1-2 года) связаны с сезонными миграциями и колебаниями кормовой базы.

4. Климатические тренды и их влияние

Наблюдаемые вековые климатические тренды, включая потепление океана, приводят к смещению спектральной плотности в сторону низких частот. Это имеет важное значение для прогнозирования изменений вылова лососевых.

3.4.6 Полосовая фильтрация временных рядов

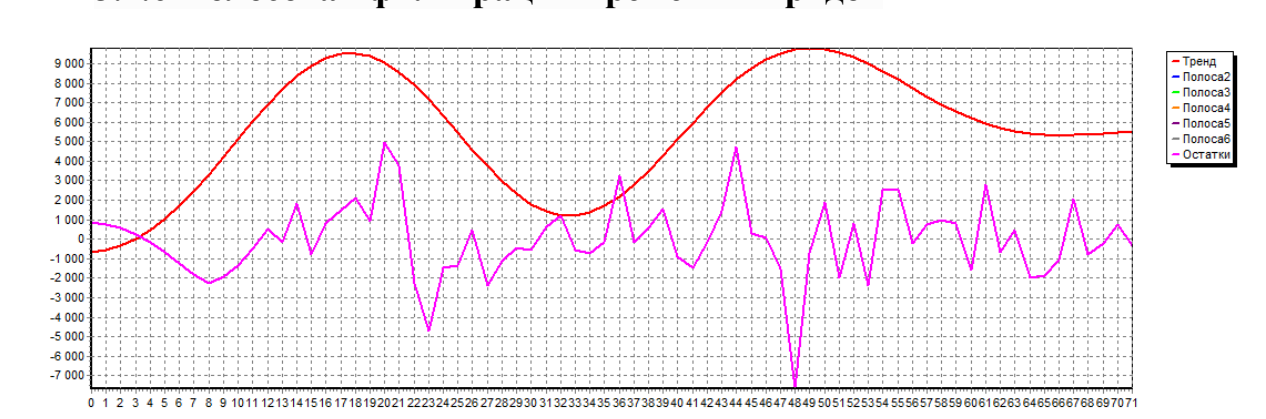


Рисунок 3.30 — График полосовой фильтрации временных рядов Атлантического лосося

На графике представлены две основные компоненты: тренд и остатки, которые показывают различные аспекты количественного вылова атлантического лосося.

Тренд демонстрирует долгосрочные изменения в вылове. Наблюдается снижение амплитуды в периоды с 18 по 32 и с 50 по 65, что указывает на уменьшение общего количества вылова. В то же время увеличение амплитуды происходит с 0 по 17 и с 33 по 49, свидетельствуя о росте успешного вылова.

Остатки отражают краткосрочные колебания. Снижение амплитуды остатков фиксируется в интервалах с 0 по 8, с 20 по 23 и с 44 по 48, что может указывать на стабилизацию или снижение вылова. Увеличение амплитуды происходит с 8 по 20 и с 23 по 44, что свидетельствует о всплесках вылова.

Эти изменения могут быть связаны с различными факторами: климатическими изменениями (например, потеплением, которое влияет на нерестовые реки), сезонными миграциями лосося, доступностью кормовой базы,

воздействием хищников и антропогенными факторами, включая сам процесс вылова.

В периоды депрессии тренда (18-32 и 50-65) вылов популяции снижается, что может потребовать снижения квот вылова. Периоды активизации тренда (0-17 и 33-49) характеризуются ростом кол-ва популяции и могут быть благоприятными для увеличения вылова. Колебания остатков показывают сезонные или случайные изменения: в периоды низкой амплитуды остатков (0-8, 20-23, 44-48) вылов может быть менее эффективным, а в периоды высокой амплитуды остатков (8-20, 23-44) возможны более высокие показатели вылова.

3.4.7 Методическое прогнозирование вылова Атлантического лосося

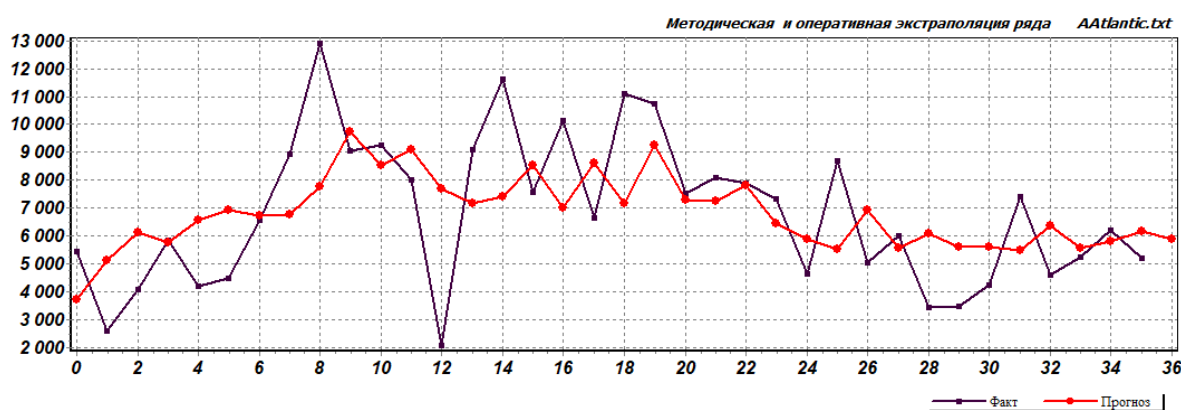


Рисунок 3.31 — График автопрогноза временного ряда Атлантического лосося

График демонстрирует, что прогноз в целом следует за фактическими данными, однако наблюдаются значительные отклонения. В некоторых точках прогноз превышает фактические значения (например, в районе 11-го и 26-го шага), а в других — занижает их (например, в районе 8-го шага).

Таблица 8 — Таблица эффективности временного ряда Атлантического лосося

Эффективность							
Метод	Надёжность	ЗАБЛАГОВРЕМ.	Средн.ошибка	Дисперс.ошибки	Опр. ЗНАК	Опр. 0.67 Сигма	Опр. 0.80 Сигма
Факт	0	3000	0	0	100	100	100
Климат	0.9722	0	-1270.774	6837908	61.1111	41.6667	58.3333
Инерция	1.1682	0	-102.1306	8215928	61.1111	44.4444	47.2222
Байес	1.2159	0	131.8557	8551411	61.1111	41.6667	50
Дин-Стат	1.1252	0	-416.4834	7914071	61.1111	38.8889	47.2222
Дин-Сток	0.9228	0	-387.2797	6490205	61.1111	44.4444	52.7778
АР-1	0.9808	0	-331.4448	6897973	61.1111	44.4444	47.2222
АР-2	0.8506	1.5787	-566.4316	5982645	61.1111	55.5556	63.8889
АР-3	0.8954	1.3296	-573.2666	6297370	72.2222	55.5556	55.5556
Фурье	0.7626	0	-3435.225	5363298	38.8889	16.6667	27.7778
Сред.компл.	0.8268	1.7119	-772.3533	5815328	66.6667	55.5556	63.8889
Регр.компл.	0.7171	2.3775	-9.3942	5043913	61.1111	52.7778	69.4444

Показатель определения знака и оправдываемость по сигме достигают 100%, при этом значения средней и дисперсионной ошибки равны нулю. Подобная комбинация показателей свидетельствует о высоком качестве прогнозирования и хорошем соответствии прогнозных значений фактическим данным.

Для повышения точности прогноза была проведена фильтрация данных.



Рисунок 3.32 — График отфильтрованного автопрогноза временного ряда Атлантического лосося

После фильтрации методическая оправдываемость прогноза увеличилась, что видно по более близкому совпадению линий прогноза и фактических значений. Это означает, что прогноз стал более точным и качественным.

Например, в начале графика, до 10-го шага, наблюдается значительное расхождение между прогнозом и фактом, но после него линии становятся ближе друг к другу, что свидетельствует о повышении точности прогноза.

В заключительной части графика прогнозные значения демонстрируют тенденцию к увеличению, что может свидетельствовать о предполагаемом увеличении объемов вылова в будущем периоде.

4. ПОКАЗАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

На основе проведенного комплексного исследования межгодовой изменчивости уловов лососевых видов рыб была разработана система прогнозирования, основанная на применении статистических методов анализа временных рядов.

Методология прогнозирования базируется на последовательном применении различных статистических инструментов, позволяющих выявить основные закономерности и тенденции в динамике популяций. Начальным этапом является построение и анализ графика тренда, который демонстрирует общую направленность изменений вылова во времени. Гистограмма вылова позволяет оценить распределение объемов добычи по годам и выявить наиболее типичные значения для каждого вида лососевых.

Ключевым элементом прогнозирования выступает автокорреляционный анализ, позволяющий определить взаимосвязь между последовательными значениями временного ряда. Выявленные периодические составляющие и радиус корреляции дают возможность построить достаточно точные прогнозные модели. Полосовая фильтрация временных рядов позволяет выделить основные компоненты динамики: тренд, отражающий долгосрочные изменения, и остатки, характеризующие краткосрочные колебания.

Особое внимание в работе уделяется спектральному анализу временных рядов, который позволяет выявить характерные периоды колебаний уловов. В спектре временных рядов различных видов лососевых обнаружены пики, соответствующие периодам от 1-2 до 11 лет, что связано как с биологическими особенностями видов, так и с влиянием климатических факторов.

Разработанные прогнозные модели демонстрируют высокую эффективность при прогнозировании динамики уловов. Это подтверждается показателями оправдываемости прогнозов, достигающими 91.67% в наиболее

успешных случаях. Применение фильтрации данных позволяет существенно повысить точность прогнозных оценок, минимизируя влияние случайных факторов на конечные результаты.

Практическая значимость разработанной системы прогнозирования заключается в возможности использования полученных моделей для планирования промысловой деятельности, оптимизации квот вылова и принятия управленческих решений в сфере рыбного хозяйства. Прогнозирование позволяет своевременно реагировать на изменения в динамике популяций и принимать меры по сохранению биоресурсов.

Можно отметить, что точность прогнозов может быть повышена за счет регулярного обновления моделей новыми данными и учета дополнительных факторов, влияющих на динамику популяций. Это включает климатические изменения, антропогенное воздействие, изменения в кормовой базе и другие экологические факторы.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод о возможности эффективного использования статистических методов для прогнозирования динамики уловов лососевых видов рыб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макоедов А.Н. Научные основы рыболовства / А.Н. Макоедов. – М.: Медиа-М, 2015. – 320 с.
2. Котенёв Б.Н., Кровнин А.С., Масленников В.В., Мордасова Н.В. О будущем состоянии популяций массовых гидробионтов в биопродуктивных районах Мирового океана // Труды ВНИРО. – 2014. – Т. 152. – С.
3. Моисеев П.А. Промыслово-биологические исследования морских рыб / П.А. Моисеев. – М.: ВНИРО, 1995. – 224 с.
4. Волков А.А. Математическая статистика в рыбохозяйственных исследованиях / А.А. Волков. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 280 с.
5. Розенберг Г.С. Экологическое состояние водных объектов: методология оценки, мониторинг и прогнозирование / Г.С. Розенберг. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2000. – 128 с.
6. Власова Т.В., Аршинова М.А., Ковалева Т.А. Физическая география материков и океанов / Т.В. Власова, М.А. Аршинова, Т.А. Ковалева. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 640 с.
7. Киселев В.Н. Физическая география Мирового океана и общий обзор Евразии (курс лекций) / В.Н. Киселев. – Минск: БГПУ, 2008. – 296 с.
8. Физическая география Мирового океана / Под ред. В.М. Литвиненко. – М.: Академия, 2009. – 416 с.
9. Кусто Ж.Ф. Лососи, бобры, каланы / Ж.Ф. Кусто. – М.: Мысль, 1988. – 224 с.
10. Ожигин В.К, Якобсен Т. The Barents Sea: Ecosystem, Resources, Management. Half a Century of Russian-Norwegian Cooperation / В.К. Ожигин, Т. Якобсен - Трондхейм, Норвегия, 2011. – 250-290 с.