



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Океанологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему Взаимосвязь вылова лососёвых с изменчивостью климата

Исполнитель Галебцева Ксения Кирилловна
(фамилия, имя, отчество)

Руководить кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Густоев Дмитрий Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Лукьянов Сергей Васильевич
(фамилия, имя, отчество)

«___» _____ 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

Оглавление

Оглавление	2
Введение	3
1 Виды лососевых на Дальнем Востоке и их особенности.	5
1.1 Представители дальневосточного лосося.	7
1.1.1 Горбуша	7
1.1.2 Нерка	9
1.1.3 Кижуч	10
1.1.4 Кета	12
1.1.5 Чавыча	13
1.2. Вывод по главе	15
2 Методология статистической обработки данных.....	16
2.1 Первичная статистика	16
2.2. Тренд	16
2.3 Вероятностные характеристики распределения. Эмпирические гистограммы	17
2.4. Автокорреляционная функция	17
2.6. Вывод по главе	18
3 Анализ результатов межгодовой изменчивости промысловых видов рыб...	19
3.1. Расчет статистических характеристик для вылова лососёвых в период с 1900-2015 год.....	19
3.2.Расчёт статистических характеристик отклонения скорости вращения Земли с 1663-1992 год.....	29
3.3.Расчёт статистических характеристик для ледовитости Берингова моря в период с 1959-1989 год.	29
Таблица 3.3.1.Расчёт первичной статистики.	29
Рис.3.3.1. График ледовитости Берингова моря с 1959-1989 год.	30
3.4.Расчёт статистических характеристик для давления в центре Сибирского антициклона с 1891-1990 год.....	34
3.5. Расчёт статистических характеристик для чисел Вольфа в период с 1900- 2003 год.....	39
3.6.Вывод по главе.	44
Заключение.....	44
Список используемой литературы	46

Введение

С древних времён и по сей день рыбный промысел имеет важнейшее значение для всего населения планеты. Сложно представить рацион человека без рыбы, так как в ней очень много белка, микроэлементов и витаминов, но самое ценное и питательное это жир, он легко усваивается и даёт насыщение организму. Говоря о её пользе, стоит обратить внимание на среду обитания рыбы: речная или морская. В речной рыбе количество жира значительно меньше, так же в ней отсутствует йод и бром, в отличие от морской рыбы. К сожалению, с годами спрос на этот продукт возрастает, что в свою очередь влияет на популяцию рыб. Также не менее важным фактором, влияющим на популяцию, является изменение климатических условия.

Объектом исследования в дипломной работе взят Дальневосточный или Тихоокеанский лосось. Этот вид является старейшим обитателем нашей планеты. Он особо ценится в промысле, так как может достигать больших размеров и веса, а так же эта рыбка способна находится в солёной и пресной воде. В связи с этим назревает вопрос: влияет ли климат на своеобразный образ жизни лосося? Способен ли климат повлиять на популяцию? В этом и заключается актуальность моей работы.

Целью работы заключается в том, чтобы определить, есть ли связь между лососёвыми и изменением климата.

Задачи работы, для достижения поставленной цели:

- подготовить исходные данные;
- рассчитать первичную статистику ряда;
- построить двухмерную гистограмму;
- построить линию тренд;
- рассчитать корреляционную и спектральную функцию;

- проанализировать на основе статистических расчётов влияния климатических условий на вылов.

Исходными данными является временной ряд вылова лососёвых за год в период с 1900 по 2015 год, взятый из базы данных Fishstat.

Все остальные исходные климатические данные взяты с портала Колумбийского университета (iridl.ldeo.columbia.edu).

1 Виды лососевых на Дальнем Востоке и их особенности.

Лососёвые рыбы в научной классификации (лат. Salmonidae) - это единственное биологическое семейство отряда лососеобразных, относящихся к классу лучепёрых рыб.[1]

Лососи изменяют окраску, за счёт разных условий обитания. Окраска у лососей серебристая с тёмными пятнами. На теле лосося присутствует брюшной, грудной, анальный, спинной и жировой плавники, жировой плавник является отличительной особенностью рыбы. Тело рыбы может достигать 2 метров. Вес до 70 кг. Продолжительность жизни обычно несколько лет, но есть особи у которых средняя продолжительность жизни может достигать 15 лет.

Последняя особенность считается главной отличительной чертой лососеобразных, а само название рыбы в переводе с индийского языка означает «покрываться пятнами». [3]

На Дальнем Востоке обитают 5 видов лосося. Для них характерен проходной образ жизни. Рождаются в пресной воде и находятся в ней около 5 лет, после чего скатываются в солёную воду и там продолжают своё существование до достижения половой зрелости рыбы. Затем для нереста возвращаются обратно. Нерест происходит в конце лета - начала зимы. Самка выметывает икру в выкопанное ею углубление на дне реки, после чего забрасывает её песком и галькой. У лосося уходит много сил на нерест и миграцию, поэтому сразу после этого он погибает.[2, 16]

Рыба обладает чутким обонянием, что помогает ей найти свой дом, но бывают исключения, когда рыба ошибается и заплывает не в своё "родное гнездо". Во время миграции нагульный лосось не питается. Отложенные запасы еды становятся источником питания, которого хватает на период миграции. В обычное время крупный лосось питается маленькой рыбой, кальмарами, медузами, гребневками, а более мелкие особи питаются насекомыми и их личинками, моллюсками, ракообразными и черви.[3]

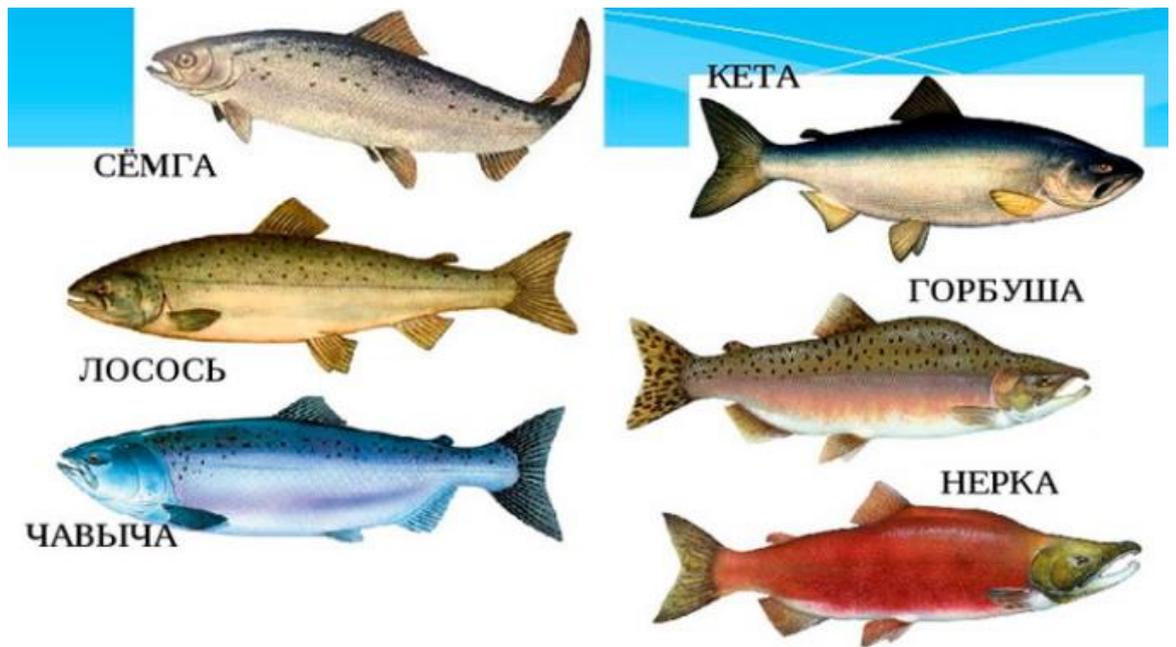


Рис.1.1 Виды лососёвых.

Лосось обитает в северном полушарии. А именно, в Белом, Балтийском, Чёрном и Аральском морях. Так же обитает в реках и в озёрах, в акватории Тихого океана.

На рисунке 1.2 разными цветами обозначен ареал обитания некоторых представителей лососёвых.

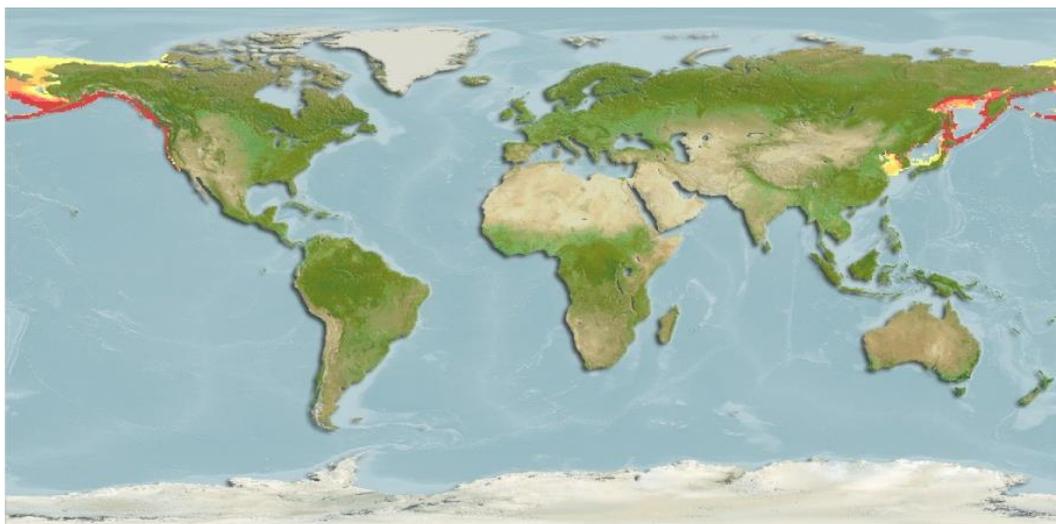


Рис.1.2. Ареал обитания Тихоокеанского лосося [4]

1.1 Представители дальневосточного лосося.

Как уже было сказано ранее, существует 6 представителей на Дальнем Востоке, а именно горбуша, нерка, кижуч, кета, чавыча.

1.1.1 Горбуша

Горбуша (лат. *Oncorhynchus gorbuscha*) является самым распространённым видом в Тихом океане, но самым маленьким по размерам.

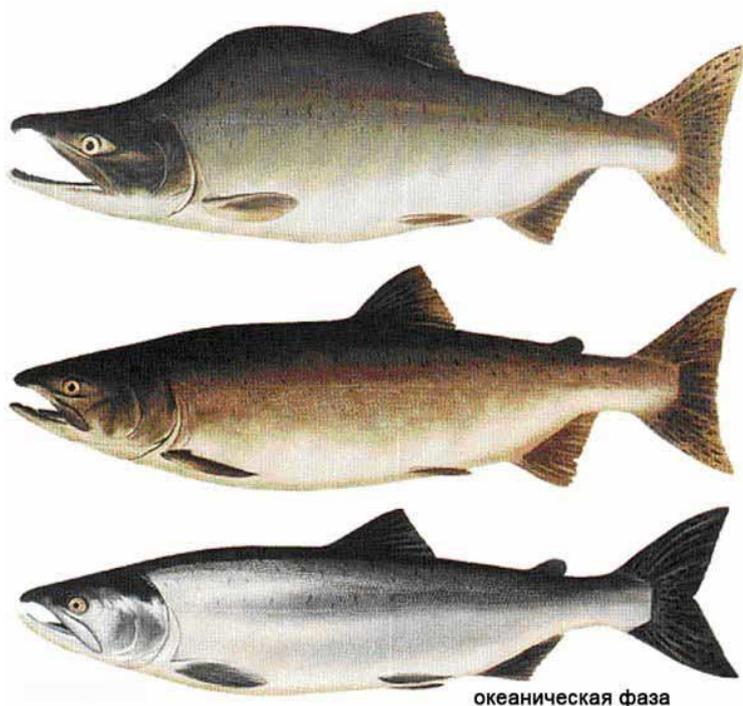


Рис.1.3 Горбуша

Форма тела рыбы удлинённое, немного сжатое с боков с мелкой чешуёй. Голова конической формы с маленькими глазами. Отличительная черта самцов от самок - наличие горба на спине, в период миграции. В морских условиях пузо у рыбы белого цвета, тело покрыто серебристой чешуёй, хребет синевато-зелёного оттенка. В пресной воде, в которую горбуша возвращается на нерест, тело приобретает неяркий серый оттенок с тёмными пятнами, нижняя часть становится жёлтого цвета с зеленоватым оттенком. Перед нерестом рыба становится темнее по окраске. Горбуша так же, как и остальные представители этого семейства имеет жировой плавник, который находится между спинным плавником и хвостовым плавником. Средняя длина горбуши 40-50 см, а масса

тела составляет от 1,2 до 3 кг, средняя продолжительность жизни 1,5-2 года. Но бывают исключения, максимальная масса 5,7 кг, с длиной тела 76 см. Горбуша питается планктоном, анчоусами, мелкой рыбой, кальмарами, личинками придонных беспозвоночных и рыб. Перед нерестом горбуша не нуждается в пище, иногда происходит рефлекторное захватывание организмов. [5,6]

Нерест происходит в летние и осенние периоды. Оптимальная температура нереста от 6° до 14°C. Одна рыба мечет до 2400 икринок, сразу после этого рыба умирает. 50% икринок выживают, их развитие происходит на протяжении 130 дней. В ноябре - декабре происходит выклев личинок, спустя 3-4 месяца они покидают свою первую среду обитания. [7]

В основном горбуша водится в северной части Тихого океана: от Берингова пролива до залива Петра Великого. Также эту вид можно встретить на Камчатке, Курильских островах, Анадыре, Охотском море, Сахалине. Ещё горбуша водится в Индигирке, в Амуре, низовье Колымы. Вдобавок, рыба обитает в Соединённых штатах Америки до столицы Калифорнии. [5,18,19]

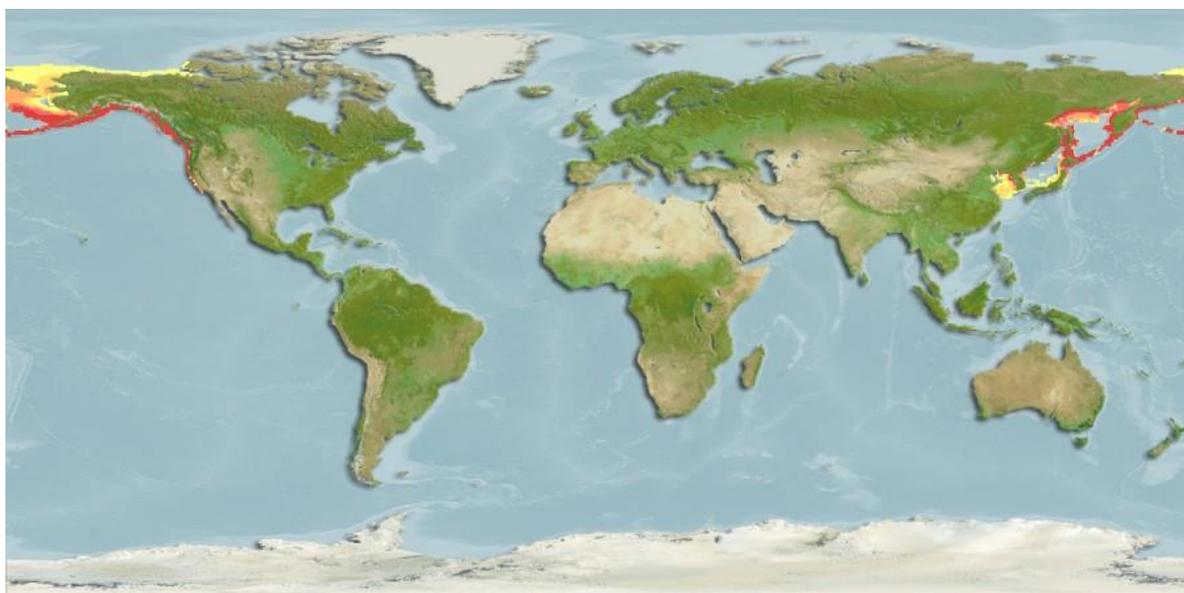


Рис.1.4 Ареал обитания Горбуши [4]

Горбуша представляет особую ценность в промысле. Вылов горбуши происходит в Охотском, Беринговом, Японском морях и в бассейне Амура, а так же на Камчатке, Сахалине и Курильских островах. Несмотря на

многочисленный вылов рыбы, запасы остаются большими. На Камчатке были зарегистрированы случаи недолова горбуши, из-за смены климатических условий, которые повлияли на выживаемость нового поколения. [8]

1.1.2 Нерка

Нерка (лат. *Oncorhynchus nerka*) - ещё один распространённый вид в северной части Тихого океана, является важнейшим объектом промысла. [9]

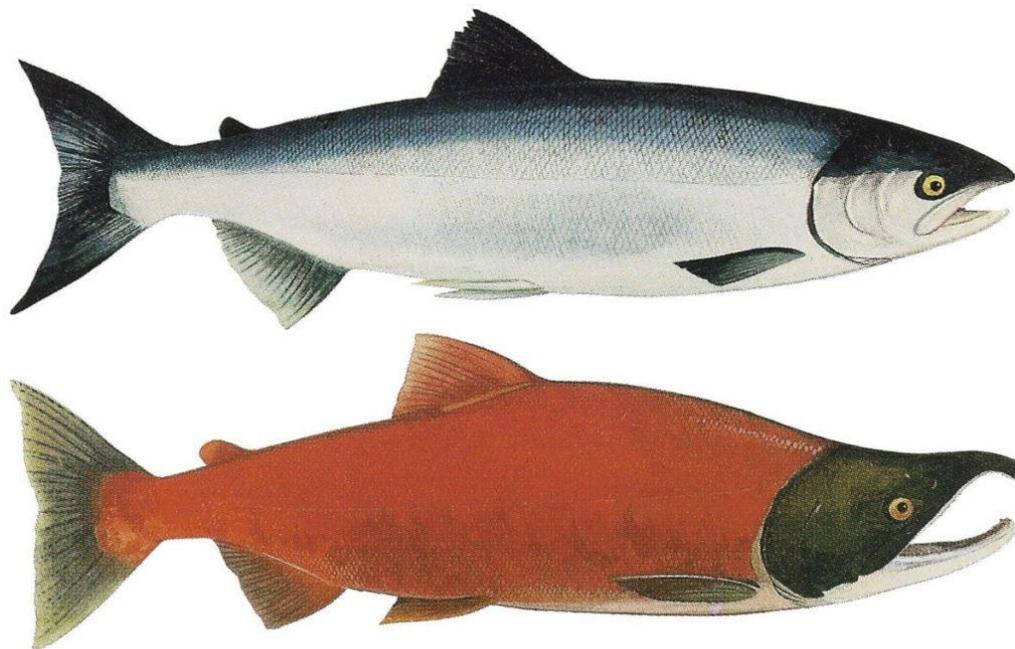


Рис.1.5 Нерка

Туловище нерки угловатое вытянутое с боков серебристого оттенка, голова закруглённая зеленоватого цвета у самцов, у самок тёмно-синяя, чешуя плотно врастает в тело, плавники тёмно-коричневого, чёрного цвета. Средний размер рыбки 45-50 см. Максимальная длина туловища до 80 см, встречается редко. Средний вес варьируется от 2,5 до 4,3 кг. Максимальный вес достигает 8 кг, но не превышает. Нерка бывает проходная, которая мигрирует из пресной в солёные воды и есть карликовые самцы, которые обитают в озёрах у берегов Японии, на Камчатке и в северной части Соединённых Штатов Америки. Питается нерка зоопланктоном, ракообразными, донными беспозвоночными и мелкой рыбой. Максимальная продолжительность жизни до 6 лет. Половой зрелости достигает в 2-3 года.

Нерест рыбы происходит поэтапно: первый раз с середины мая до конца июля, второй раз с августа по октябрь. Нерест происходит достаточно тяжело, за счёт направления течения, хищных рыб и птиц. Плодовитость самки до 4 тысяч икринок за 5 заходов. После нереста рыба погибает. Мальки вылупляются в середине зимы и через год начинают мигрировать в солёные воды.

Нерка холодолюбивая рыба, поэтому её обширный ареал обитания. Рыба водится у берегов Соединённых штатах Америки, в Канаде, в озёрах и реках Камчатки, Курильских островов, в Чукотских водоёмах, Беринговом проливе, у берегов острова Хоккайдо. [10,16]

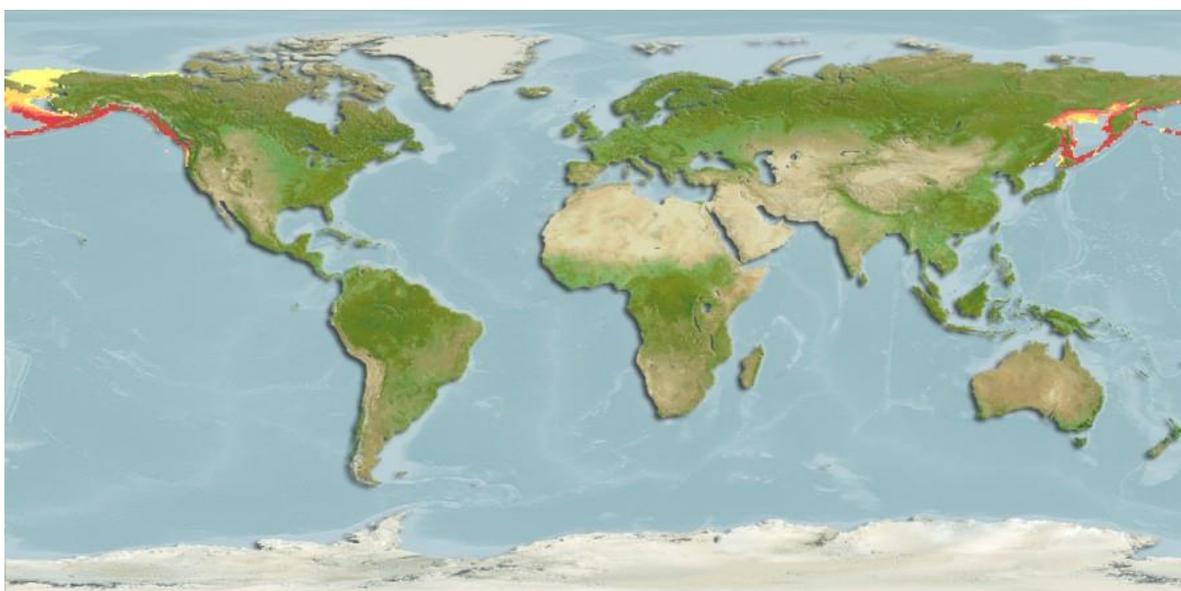


Рис.1.6 Ареал обитания Нерки [4]

Нерка привередлива к температуре обитания, так как климатические условия постоянно изменяются, этот вид лососёвых подвержен исчезновению, но не является особо охраняемым видом.

1.1.3 Кижуч

Кижуч - ценная промысловая рыба, с немногочисленной популяцией. У этой рыбки есть древнейшие предки, которые обитали порядка 400 миллионов лет назад.[16]

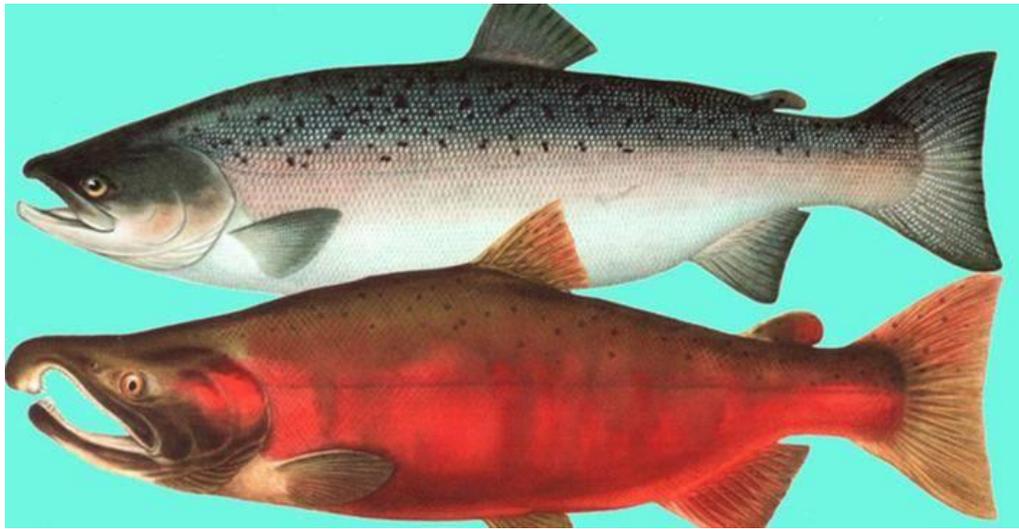


Рис.1.7 Кижуч

Туловище кижуча продолговатой формы сжатое с боков тёмно-синее с зеленоватым оттенком в солёных водах. Голова крупная, хвост квадратный. В пресной воде у самцов окрас меняется на тёмно-красный., на спине появляется горб. Бока и живот серебристого цвета. В верхней части туловища присутствуют ярко выражены чёрные пятна. Жировой плавник тонкий. Во время нереста рыбы становятся темно-зелеными на голове и спине, ярко-красными на боках и часто темными на брюхе.[5,16]

В основном рыба находится на глубине 7-9 м. Температура обитания от 5 до 16 °С. Средний вес до 3,5 кг, при длине 60 см. Максимальный вес до 6,5 кг, при длине туловища 88 см. Живут рыбы 3-4 года. Основное питание кижуча состоит из мелкой рыбы, личинок, моллюсков и кальмаров.[5,17]

Рыба нереститься с сентября по март. Плодовитость одной рыбы составляет 3000-4500 икринок. Икринки засыпают гравием, чтобы уберечь от нападения хищных рыб. Личинки находятся в месте зарождения до 10 недель. После нереста особь погибает. Мальки начинают мигрировать только спустя год.[5]

Кижуч водится в северной части Тихого океана, на Камчатке, Сахалине, у Командорских островов, в Охотском море, на Аляске, у берегов Калифорнии и Канады.[5,16]

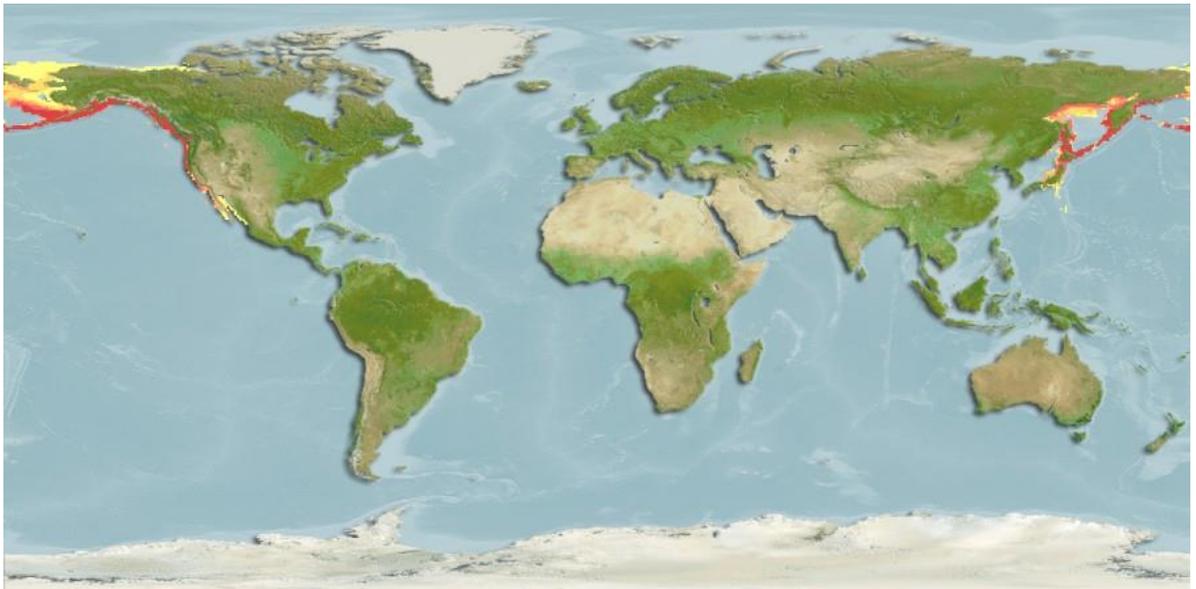


Рис. 1.8 Ареал обитания Кижуча [4]

Кижуч боится сильного течения, за счёт этого его ареал обитания уменьшается, так же уменьшается количество мест для нереста.

1.1.4 Кета

Кета (лат. *Oncorhynchus keta*) - это рыба цениться в промысле, за счёт своего вкусного мяса.

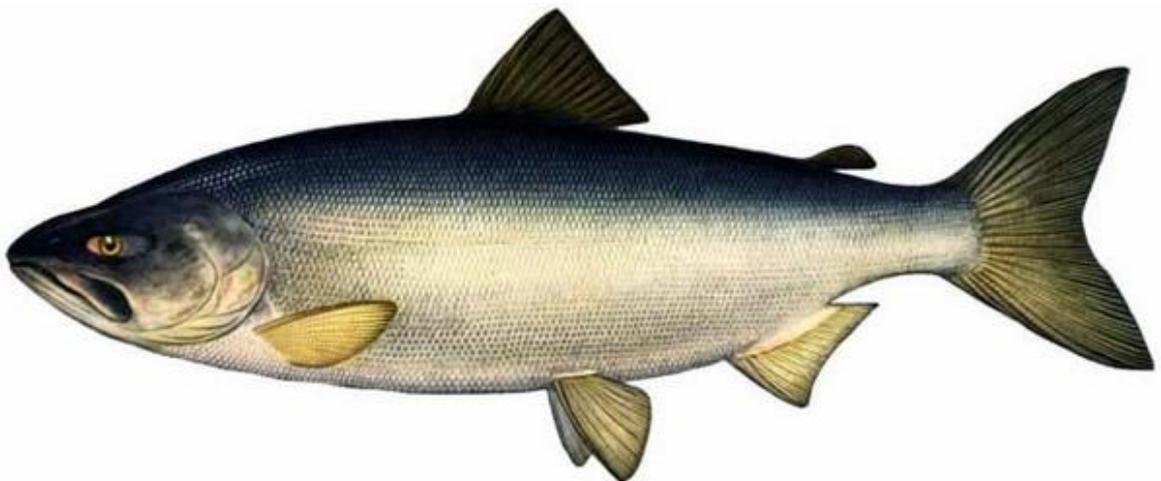


Рис. 1.9 Кета

Тело вытянутое, серебристой окраски. Во время нереста окраска рыбы меняется, туловище приобретает жёлто-лиловый оттенок. Рот большой, почти достигающий до глаз. [11,16]

Средний вес рыбы от 4 до 6 кг, длиной 50 - 70 см. Максимальный жизненный цикл до 9 лет. Питается кета мелкой рыбой, моллюсками и ракообразными.

Нерест происходит с августа по ноябрь при температуре 3-5 °С. Плодовитость одной рыбы до 44000 икринок. После нереста рыба погибает. Мальки выклевываются через 90-150 дней и ещё 2 месяца находятся в месте рождения, после чего скатываются в солёные воды. [11,12]

Кета водится вдоль двух берегов, омывающих Тихим океаном: от Сан-Франциско до Берингова пролива вдоль берегов Соединённых штатов Америки и от бухты Провидения до залива Петра Великого вдоль берегов Азии. Так же рыбу можно встретить в реках Лены, Колымы, Индигирки и Яны, Амур. Большой популярности по месту обитанию у кеты пользуется Берингово и Охотское море. Так же находится у берегов Камчатки, Сахалина, Курильских островов, Хоккайдо.[11]

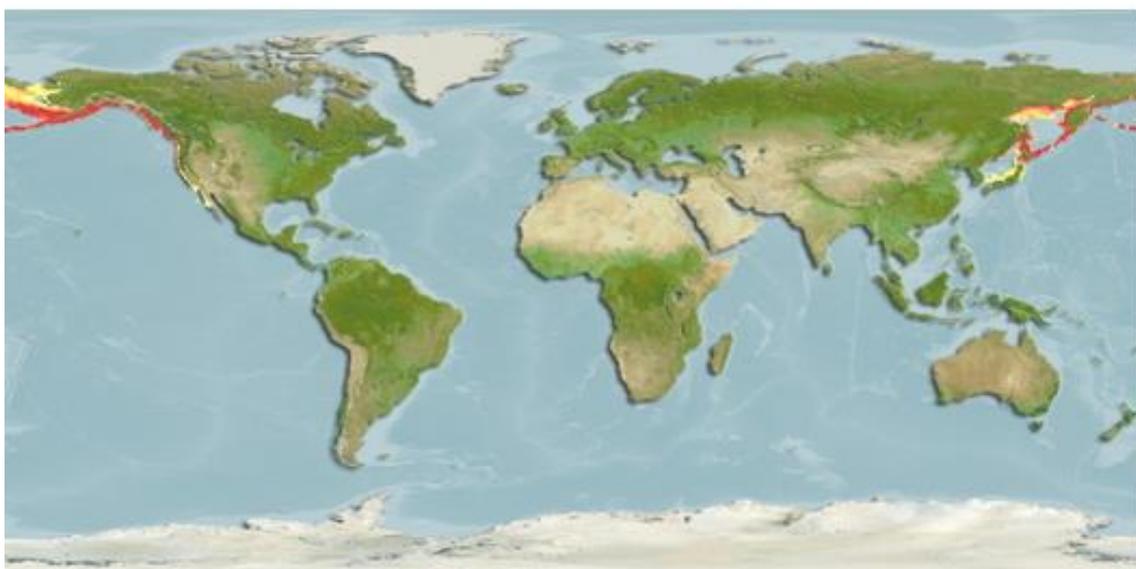


Рис.1.10 Ареал обитания Кеты [4]

1.1.5 Чавыча

Чавыча (лат. *Oncorhynchus tshawytscha*) - ценная промысловая рыба, любит холодную воду, соответственно тяжело принимает изменения климатических условий.



Рис. 1.11. Чавыча

Туловище серебристое, сжатое с боков, имеются тёмные пятна, спина синеватая, пузо белое, голова и глаза маленькие, в период нереста цвет туловища становится с красным оттенком, у самцов вырастает горб, голова становится зелёного цвета. Много жаберных тычинок, в отличие от других особей. Самая большая рыба из своего вида. Средний вес рыбы составляет 8,3 кг, длиной туловища 90 см. Максимальный вес зафиксирован на Камчатке 60 кг, при длине тела 180 см. Продолжительность жизни до 8 лет. Питается в основном личинками, мелкой пелагической рыбой, кальмарами, ракообразными и крилью.

Нерест рыбы происходит в июле - августе. Нереститься на глубине 1-1,5 м, при температуре воды 8 - 13°C. Плодовитость одной рыбы в среднем 8100 икринок. Мальки покидают места рождения весной - в начале лета, обычно скат мальков происходит на протяжении 1,5 лет. Рыба после нереста погибает через 15 лет, из-за потери жизненных сил.

Водится чавыча от Анадыря до Амура, у побережья Камчатки, Командорских островов и Хоккайдо. У побережья Соединённых штатов Америки, Колумбии, Чили и Новой Зеландии. [6, 13]

Популяции этой рыбы упала, так как слишком большое количество промышленного вылова рыбы.

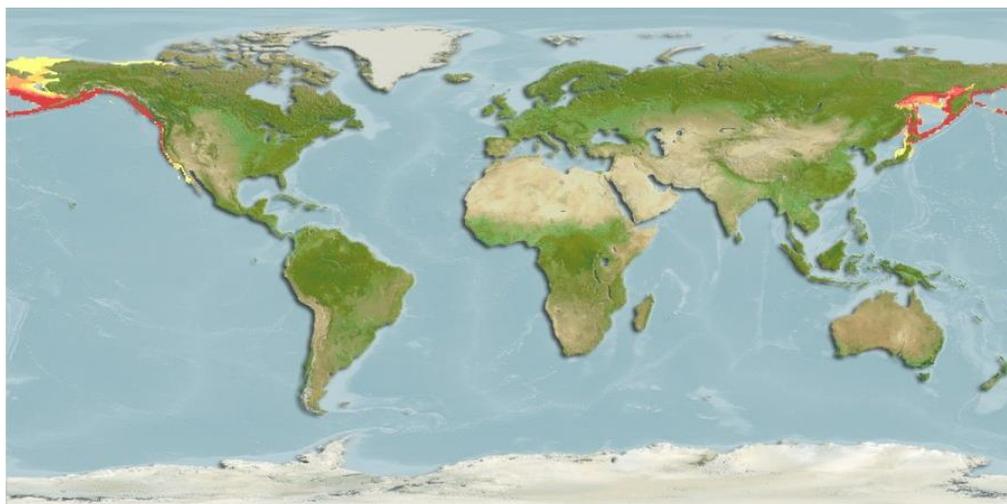


Рис.1.12. Ареал обитания Чавычи.[4]

1.2. Вывод по главе

Интересно наблюдать за такими представителями рыб, как лососёвые, они известны человечеству достаточно давно, но до сих пор до конца не изучены. У них достаточно сложный и короткий жизненный путь, но не смотря на это они продолжают увеличивать свою популяцию всеми силами. Очень важно сохранять их численность, так как данный род представляет важнейшую промысловую ценность, но это не единственный фактор, который влияет на снижение её популяции. Эти представители лососёвых в большинстве своём холодолюбивы. Поэтому на них может повлиять проблема изменения климатических условий.

2 Методология статистической обработки данных

В процессе работы по данной теме будут использованы следующие методы:

- Расчет первичной статистики;
- Расчет тренда;
- Расчет эмпирических гистограмм;
- Расчет автокорреляционной функции;
- Расчет функции спектральной плотности.

2.1 Первичная статистика

Для того, чтобы иметь общие представления об исследуемом параметре используется первичная статистика. Для данной работы понадобилось использование следующих статистических характеристик: среднее значение характеризует точку равновесия ряда, в момент его колебаний, амплитуда колебаний или размах вариаций, дисперсия характеризует отличие среднего значения ряда от среднего рассеяния значений ряда, среднеквадратическое отклонение, коэффициент эксцесса. Рассчитывается первичная статистика с помощью пакета Excel и представляется в виде таблицы.[15]

2.2. Тренд

С помощью анализа тренда временного ряда можно спрогнозировать наличие во временной изменчивости колебаний с периодом, существенно превышающим длину выборки. Тренд может быть линейным и нелинейным (квадратичным).[15]

После расчета и получения результатов нужно проанализировать их, привести сравнения трендов и оценить их значимость, а также оценить вклад в дисперсию. [15]

2.3 Вероятностные характеристики распределения. Эмпирические гистограммы

С помощью эмпирических гистограмм определяется характеристика интенсивности процесса или явления, а также повторяемость его характерных или экстремальных значений. В первом приближении при выявлении вероятности перехода от одного состояния к другому осуществимо определение возможных тенденций протекания. Впоследствии производится подсчет количества значений в каждом определенном интервале и производится анализ результатов. [15]

2.4. Автокорреляционная функция

Автокорреляция – это корреляция статистического ряда самого с собой при разных сдвигах во времени. АКФ представляет собой совокупность коэффициентов корреляции, каждый из них должен быть проверен на значимость. Это делается на основе проверки по критерию Стьюдента нулевой гипотезы $H_0: r = 0$ путем решения квадратного уравнения. Относительно r рассчитывается критическое значение $r_{кр}$, соответствующее $t_{кр}$ при уровне значимости α и числе степеней свободы ν . [15]

После расчета АКФ происходит анализ результатов по таким характеристикам, как инерционность процесса, периодичность процесса, тип и возможность прогноза. [15]

2.5 Функция спектральной плотности

В океанологии в основном все процессы можно разложить на детерминированную, то есть периодическая функция времени без элемента случайности, и стохастическую составляющие.

Когда для выявления в исследуемом процессе нужны только циклические составляющие, то тогда лучше использовать спектральный анализ. В основу спектрального анализа входит, что любой ряд можно разложить без остатка в ряд Фурье, т.е. на конечное число гармоник. Гармониками – это функции, имеющие периоды, кратные длине ряда. Гармоники имеют свою

последовательность – период который равен длине ряда. И с каждой новой гармоникой, период уменьшается. Последняя гармоника имеет период равный 2 единицы дискретности, и эта частота называется частотой Найквиста.[15]

Характеристики, которые нужны для расчёта гармоник: амплитуда, фаза, дисперсия гармоник и вклад в дисперсию ряда. Зависимость дисперсии гармонических составляющих от частоты называют спектром. После расчетов всех составляющих характеристик остается только оценить значимость гармоник и сравнить исходный ряд с восстановленным. [15]

2.6. Вывод по главе

С помощью статистических методов можно многое узнать о различных изучаемых характеристик. В данной работе рассматривается возможность влияния климатических условий на вылов рыбы с помощью статистических методов.

На жизнь рыбы идёт различное влияние природных факторов и фактор человеческого вмешательства. Человек влияет различными родами загрязнения на изменение температур, перестройку климата, выбросами в водные просторы, соответственно и влияет на жизнь рыбы, ведь они тоже привыкли к своим обычаям и нормам жизни.

3 Анализ результатов межгодовой изменчивости промысловых видов рыб

Исходными данными является временной ряд вылова лососёвых в период с 1900-2015 год, скаченные с базы FishStat. Данная программа, является универсальной для временных рядов статистических данных по рыбному хозяйству.

Дополнительные исходные данные, связанные с изменением климата взяты с портала Колумбийского университета.

Все полученные данные были преобразованы в статистические ряды и рассчитаны при помощи программы Excel, Past 3 и AsapWin.

3.1. Расчет статистических характеристик для вылова лососёвых в период с 1900-2015 год.

Таблица. 3.1.1. Расчет первичной статистики.

Среднее	682,1
Стандартная ошибка	34,7
Медиана	636,5
Мода	#Н/Д
Стандартное отклонение	373,8
Дисперсия выборки	139700,7
Эксцесс	0,3
Асимметричность	0,6
Размах вариаций	1654,2
Минимум	26
Максимум	1680,2

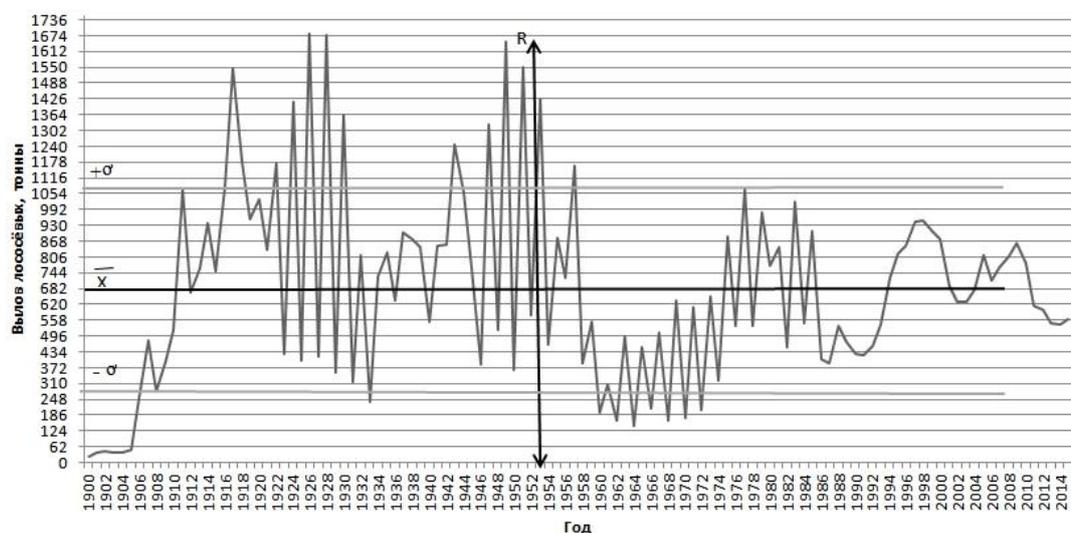


Рис 3.1.1.График вылова лососёвых с 1900 по 2015 год.

Произведён расчёт первичной статистики и построен график на основе среднегодового ряда вылова дальневосточного лосося с 1900 по 2015 год. Максимальное значение вылова лососёвых составило 1680,2 тонны в 1926 году. Минимальное значение пришлось на 1900 год и составило 26 тонн. Коэффициент вариации равен 54,8% и он больше 33% это означает, что характеристика значительно изменяется и выборка не является однородной. Асимметрия у ряда находится в пределах нормы $0,25 < 0,6 < 0,75$, эксцесс равен 0,3 это значит, что эмпирическая функция распределения является островершинной.

Анализируя рисунок 1, можно сказать, что максимальный вылов пришёл на 1917, 1918, 1924, 1926, 1928, 1930, 1947, 1949, 1951, 1953 года.

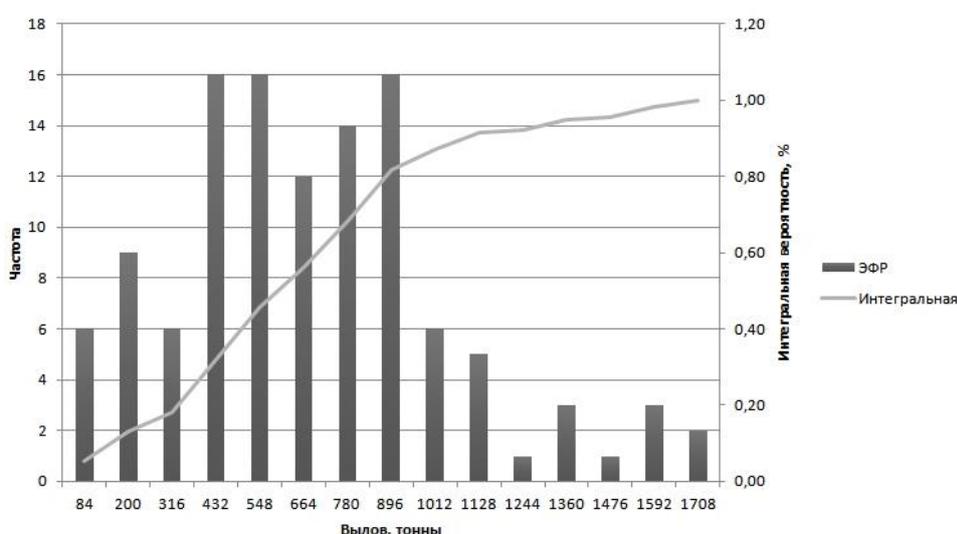


Рис.3.1.2 Эмпирическая функция распределения вылова рыбы с 1900-2015 год.

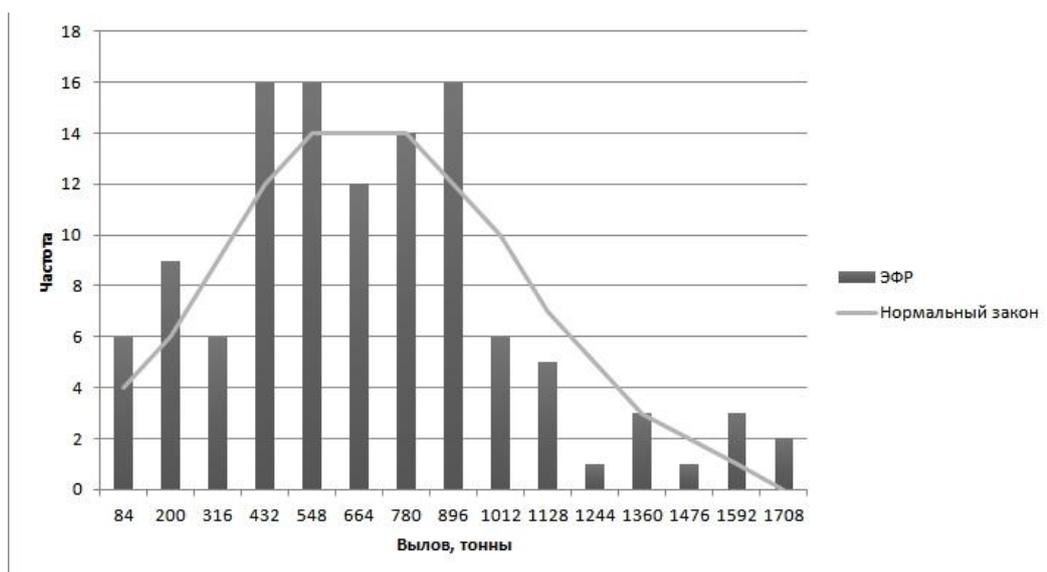


Рис.3.1.3.Эмпирическая функция и соответствующий ей нормальный закон распределения вылова лососёвых с 1900-2015 год.

ЭФР для вылова лососёвых в период с 1900 по 2015 год является трёхмодальным, это видно из рисунка 3.1.2. $\chi^2 * > \chi^2_{кр}$. это означает, что различия между ЭФР и нормальным законом статистически значимы и ЭФР не соответствует нормальному закону. Есть один или несколько преобладающих факторов, влияющих на характеристику.

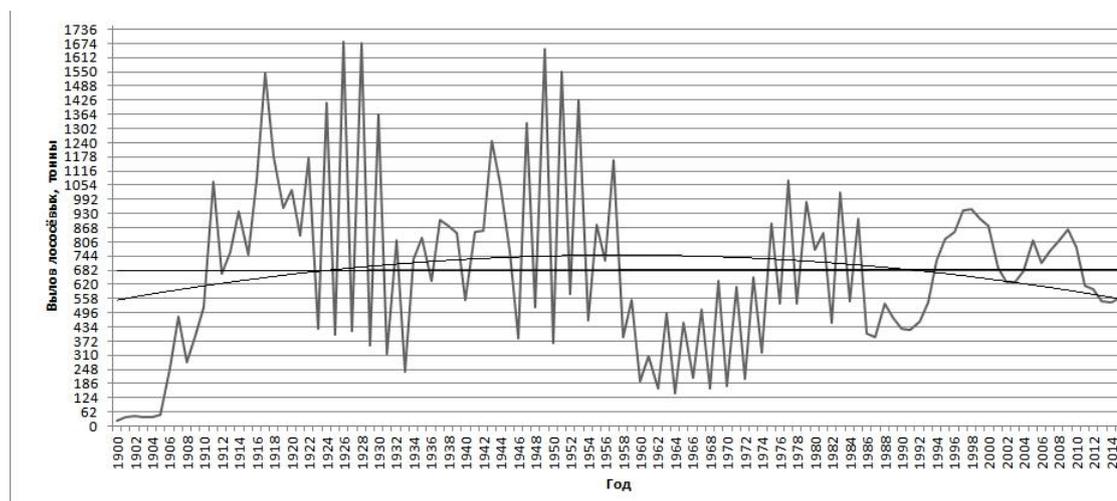


Рис.3.1.4. Линейный и нелинейный тренд для вылова лососёвых с 1900-2015 год.

В ряду данных нет колебаний, соответственно линейный и нелинейный тренд не являются значимыми, ряд стационарен.

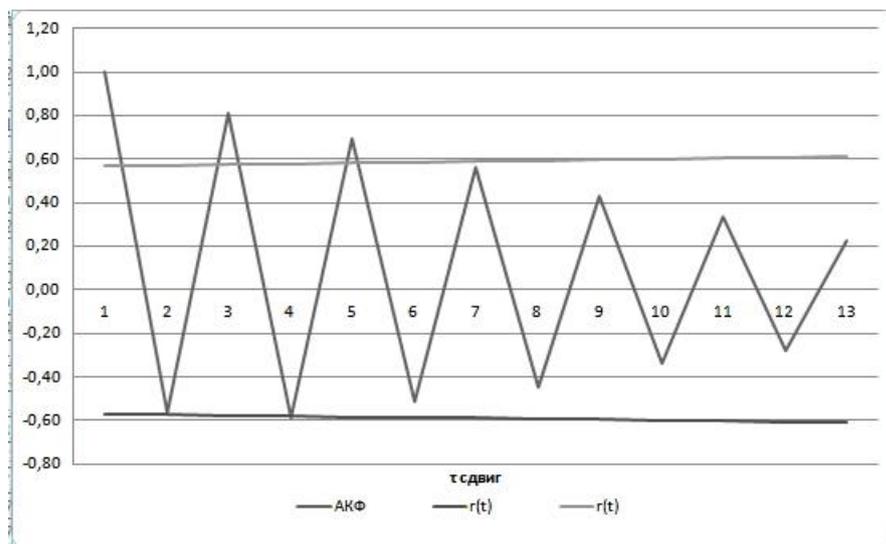


Рис.3.1.5. Автокорреляционная функция уловов лососевых в период с 1900 по 2015 года.

Инерционность процесса:

Определение инерционности процесса происходит по радиусу корреляции, то есть сдвиг при первом пересечении функцией нуля. Инерционность процесса составляет 1,5 года, это означает, что процесс малоинерционный.

Периодичность процесса:

В виде локальных максимумов на АКФ отражаются циклические колебания. На рисунке 3.1.5. можно увидеть 3 локальных максимума с периодом колебаний в 2 года.

Тип процесса:

По форме АКФ процесс является циклическим, так как у него чётко выражены колебания.

Возможность автопрогноза:

Возможность спрогнозировать с заблаговременностью в 2 года.

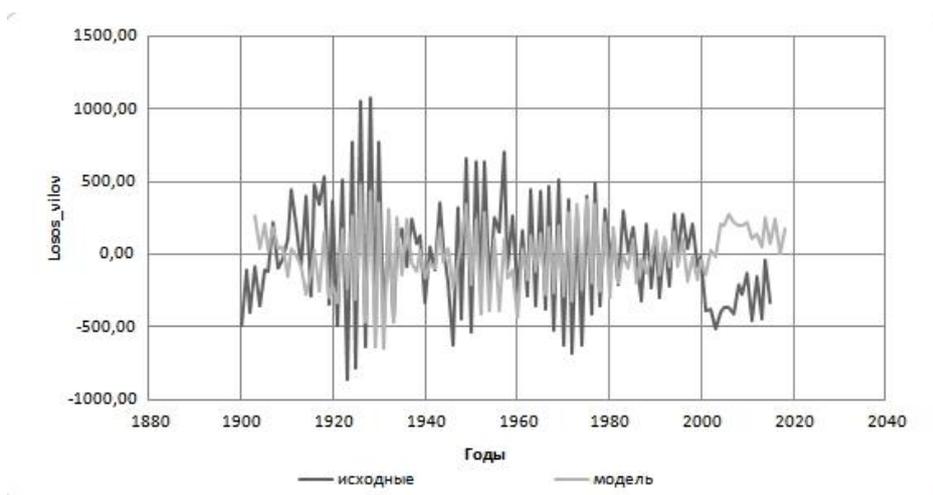


Рис.3.1.6. График фактических и рассчитанных значений по уравнению AP1 с заблаговременностью 2 года.

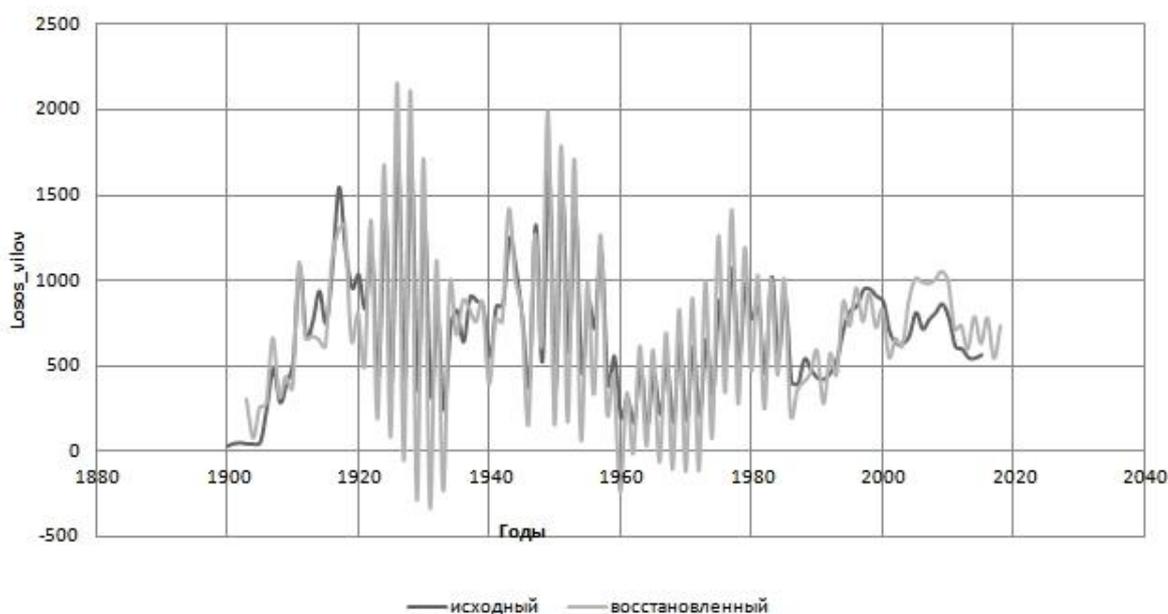


Рис.3.1.7. Исходный и рассчитанный ряд значений вылова лососёвых в период 1900-2015 года с заблаговременностью 2 года.

Исходя из графиков 3.1.6. и 3.1.7, можно сделать прогноз с заблаговременностью в 2 года.

Для расчета функции спектральной плотности из исходного ряда значений преобразовали в ряд отклонений, для которого строится периодограмма, после неё строится график СПФ.

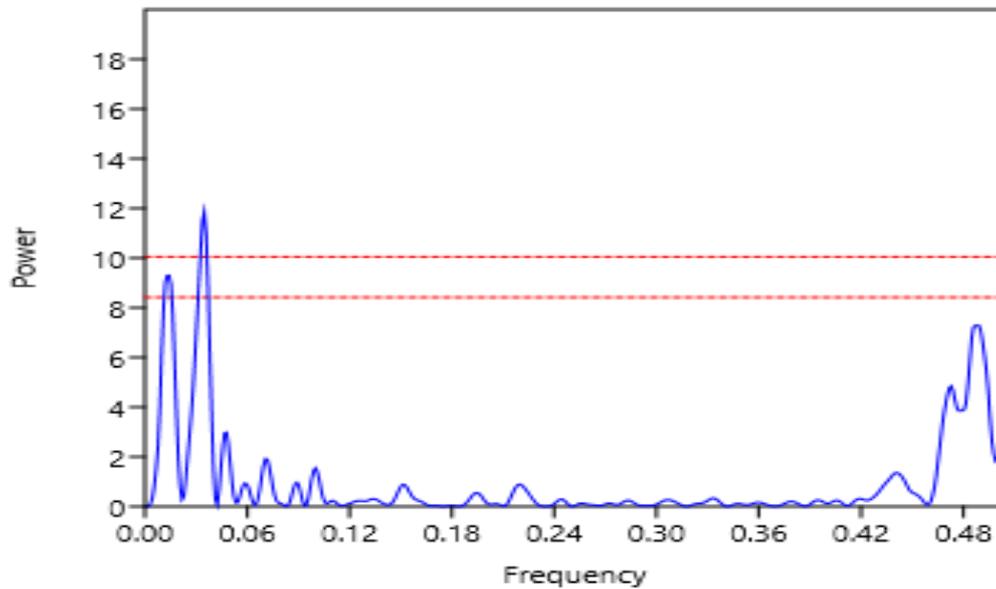


Рис.3.1.7.Периодограмма по вылову лососёвых в период с 1900-2015 год.

Из периодограммы заметно, что есть две закономерности. В начале краткопериодная закономерность, которая зависит от жизни рыбы, потом долгопериодная, которая скорее всего зависит от климатических циклонов.

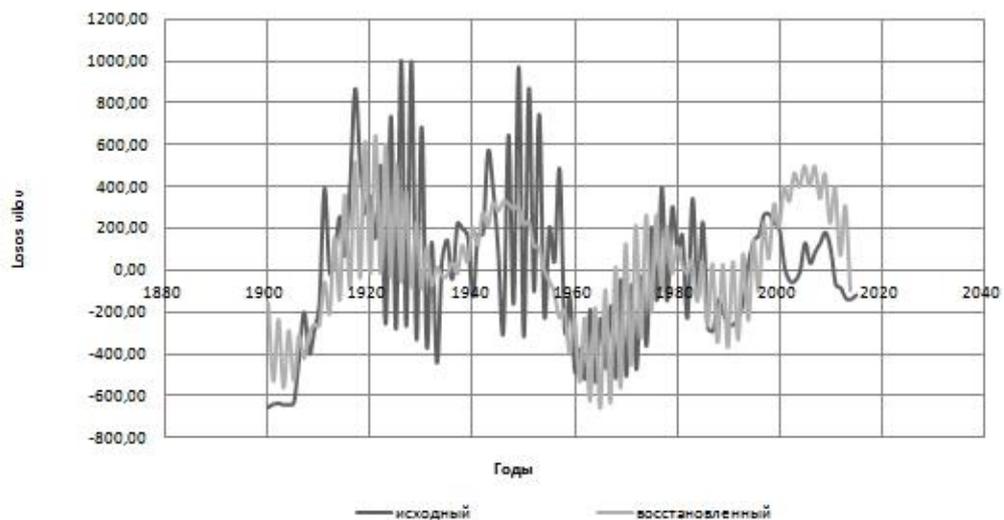


Рис.3.1.8.Совмещённый график исходных и восстановленных значений вылова лососёвых в период с 1900-2015 год.

Вклад дисперсии гармоника в общую дисперсию ряда – аналог коэффициента детерминации. Поэтому проверяем на значимость коэффициент корреляции, чтобы сделать вывод о значимости вклада гармоника в дисперсию ряда. Вклад в дисперсию ряда составляет 57%.

3.2.Расчёт статистических характеристик для отклонения скорости вращения Земли в период 1623-1992 год.

Таблица 3.2.1. Расчёт первичной статистики.

Среднее	25,4
Стандартная ошибка	0,9
Медиана	25,2
Мода	#Н/Д
Стандартное отклонение	4,9
Дисперсия выборки	24,3
Эксцесс	-0,1
Асимметричность	0,3
Интервал	21,6
Минимум	15,1
Максимум	36,6
Сумма	787,5
Счет	31

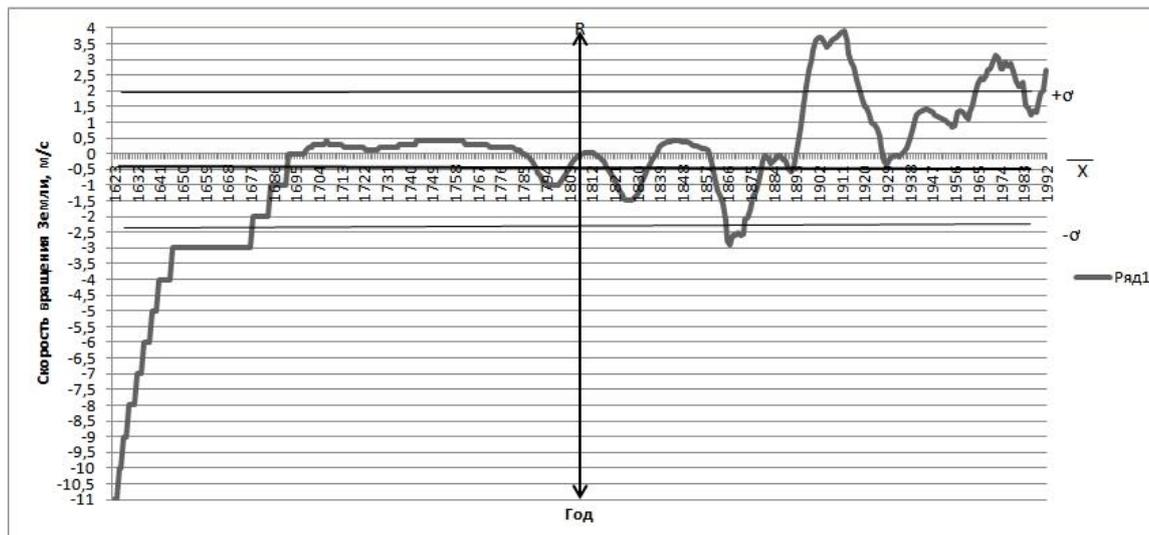


Рис.3.2.2.График отклонения скорости вращения Земли в период 1623-1992 год.

Произведён расчёт первичной статистики и построен график на основе данных среднегодового ряда отклонения скорости вращения Земли с 1623-1992 год. Максимальное значение отклонения скорости равно 3,9 м/с в 1912-1913 годы. Минимальное значение равно -11 м/с в 1623-1624 год. Коэффициент вариации равен 60%, и он больше 33% это означает, что характеристика значительно изменяется и выборка не является однородной. Асимметрия отрицательная равна -1,6, значит основная масса наблюдений больше среднего значения. Эксцесс равен 4,4 это означает, что эмпирическая функция распределения является островершинной.

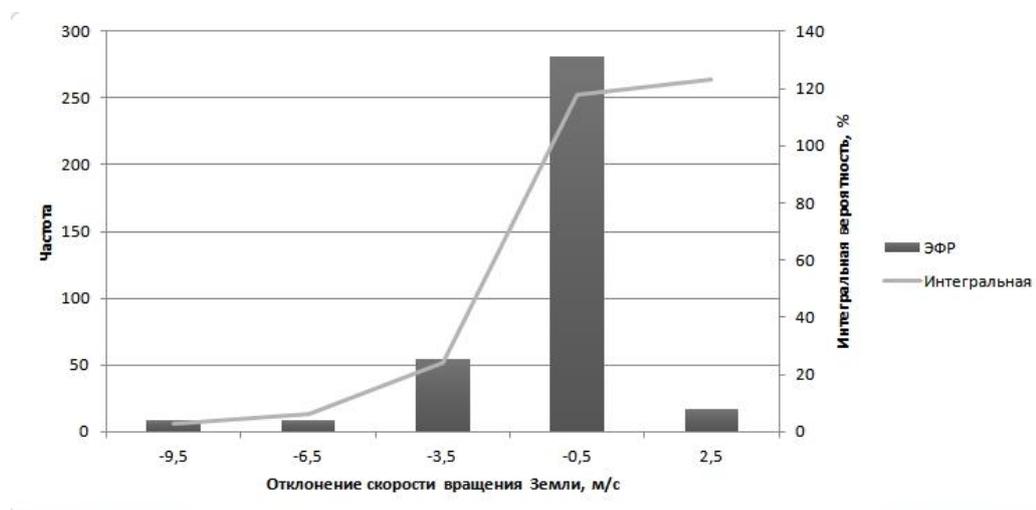


Рис.3.2.3. Эмпирическая функция распределения отклонения скорости вращения Земли с 1623-1992 год.

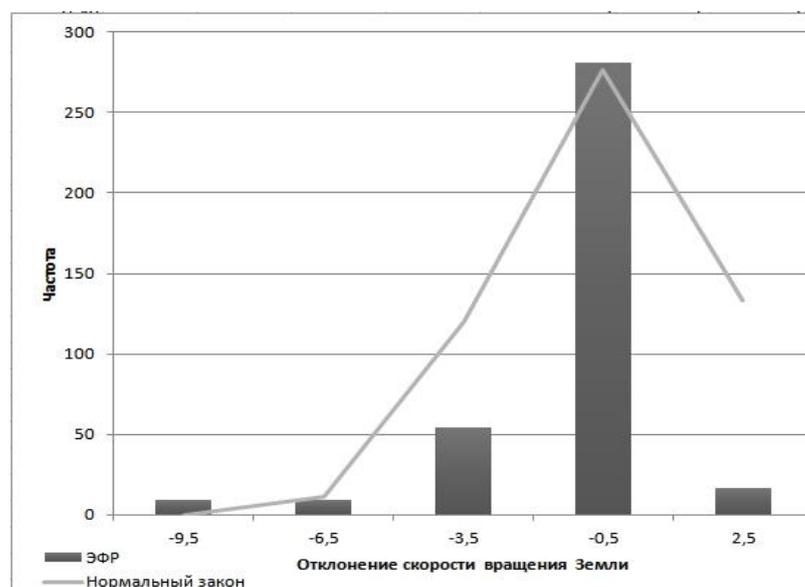


Рис.3.2.4. Эмпирическая функция и соответствующий ей нормальный закон распределения отклонения скорости вращения Земли с 1623-1992 год.

ЭФР для отклонения скорости вращения Земли в период с 1623 по 1992 год является двухмодальным, это видно из рисунка 3.2.3. $\chi^2 * > \chi^2_{кр}$. это означает, что различия между ЭФР и нормальным законом статистически значимы и ЭФР не соответствует нормальному закону. Есть один или несколько преобладающих факторов, влияющих на характеристику.

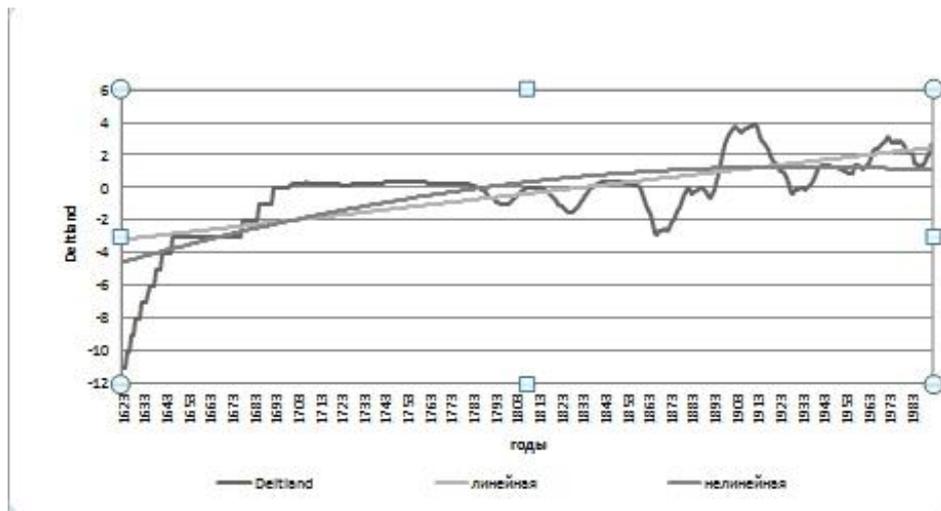
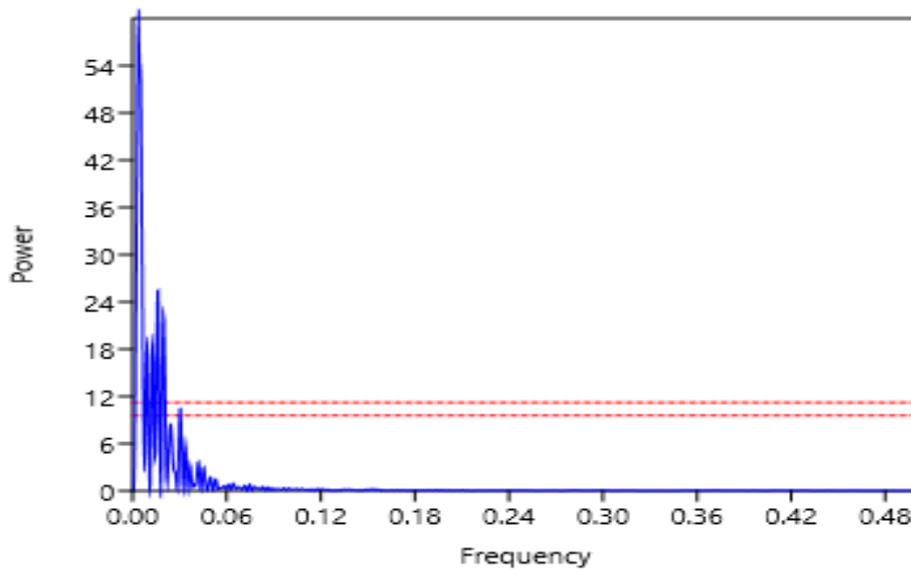


Рис.3.2.3. Линейный и нелинейный тренд для отклонения скорости вращения Земли в период с 1623-1992 год.

Линейный и нелинейный тренд не являются значимыми, ряд стационарен.



3.2.4. Перидиограмма для отклонения скорости вращения Земли в период с 1623-1992 год.

Из перидиограммы заметно, что присутствует одна закономерность на краткий период времени, она идёт на убывания, а потом происходит сглаживание и нет никаких скачкообразных признаков.

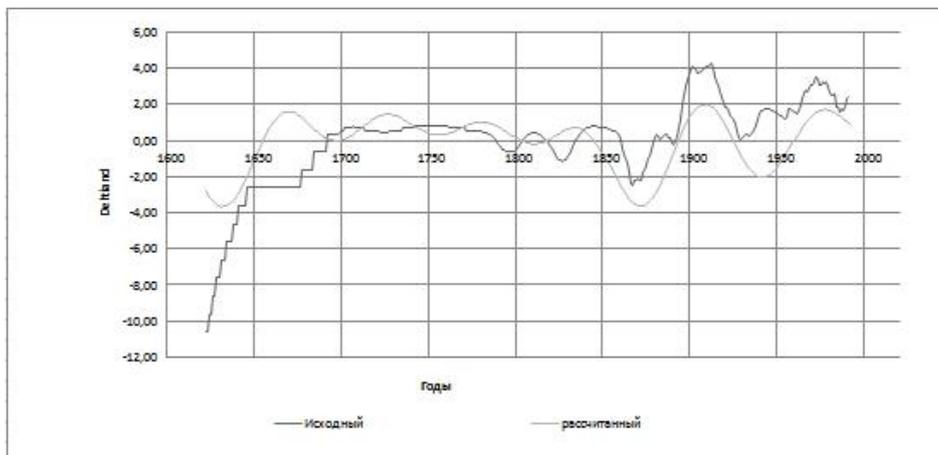


Рис.3.2.5. Совмещённый график исходных и восстановленных значений отклонения скорости вращения Земли с 1663-1992 год.

Вклад в дисперсию составляет 36% этого мало для того, чтобы сделать прогноз.

3.3. Расчёт статистических характеристик для ледовитости Берингова моря в период с 1959-1989 год.

Таблица 3.3.1. Расчёт первичной статистики.

Среднее	25,4
Стандартная ошибка	0,9
Медиана	25,2
Мода	#Н/Д
Стандартное отклонение	4,9
Дисперсия выборки	24,3
Экссесс	-0,1
Асимметричность	0,3
Интервал	21,6
Минимум	15,1
Максимум	36,6
Сумма	787,5
Счет	31

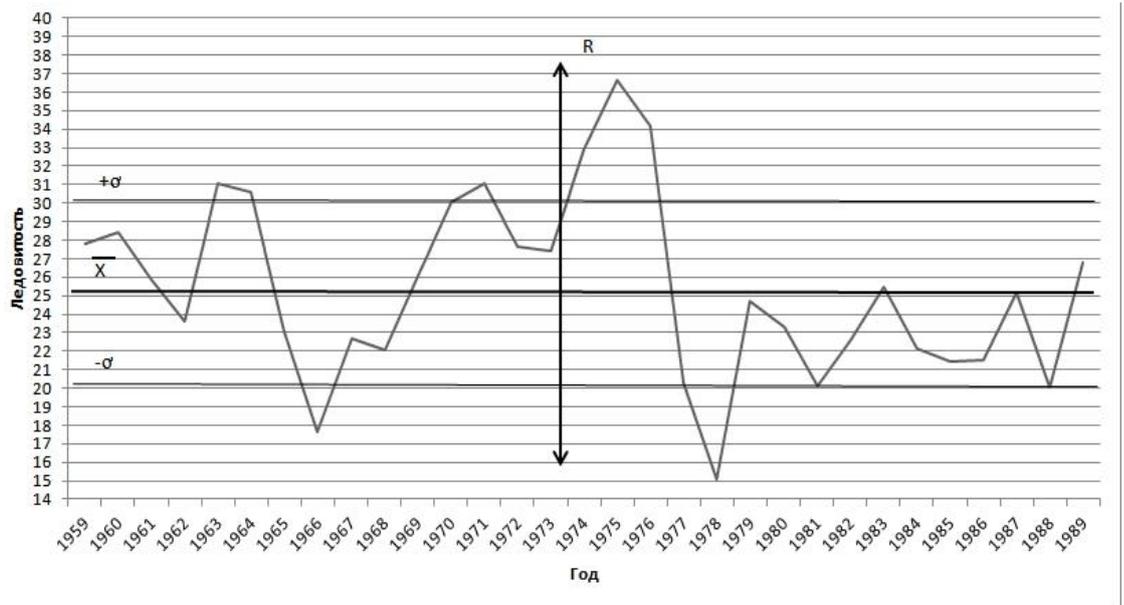


Рис.3.3.1. График ледовитости Берингова моря с 1959-1989 год.

Произведён расчёт первичной статистики и построен график на основе данных среднегодового ледовитости Берингова моря с 1959-1989 год. Максимальное значение ледовитости равно 36,6% в 1975 году. Минимальное значение равно -15,1 % в 1978 году. Коэффициент вариации равен 19%, и он меньше 33% это означает, что характеристика незначительно изменяется и выборка является однородной. Асимметрия равна 0,3, значит основная масса наблюдений меньше среднего значения. Эксцесс равен -0,1 это означает, что эмпирическая функция распределения является плосковершинной и распределение стремиться к случайному.

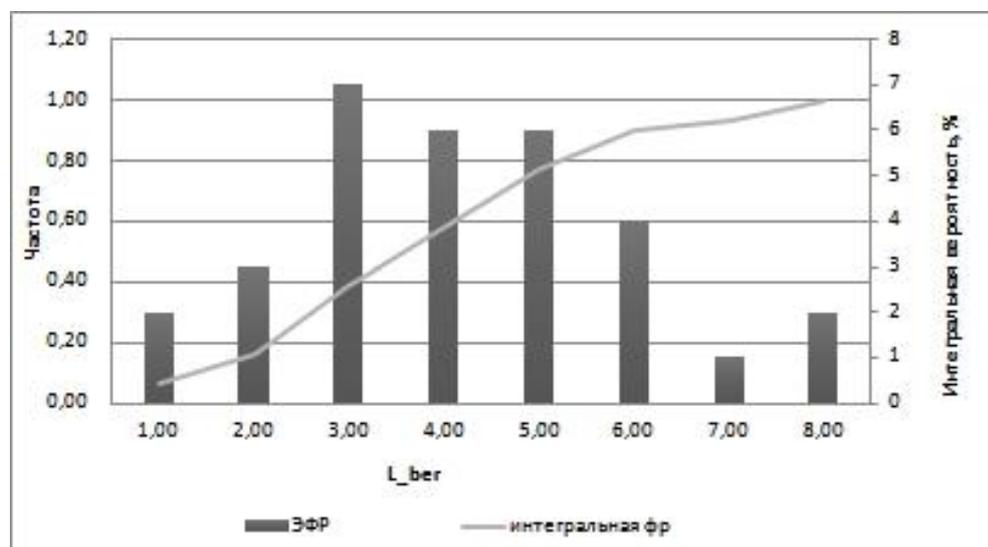


Рис.3.3.2. Эмпирическая функция распределения ледовитости Берингова моря в период с 1959-1989 год.

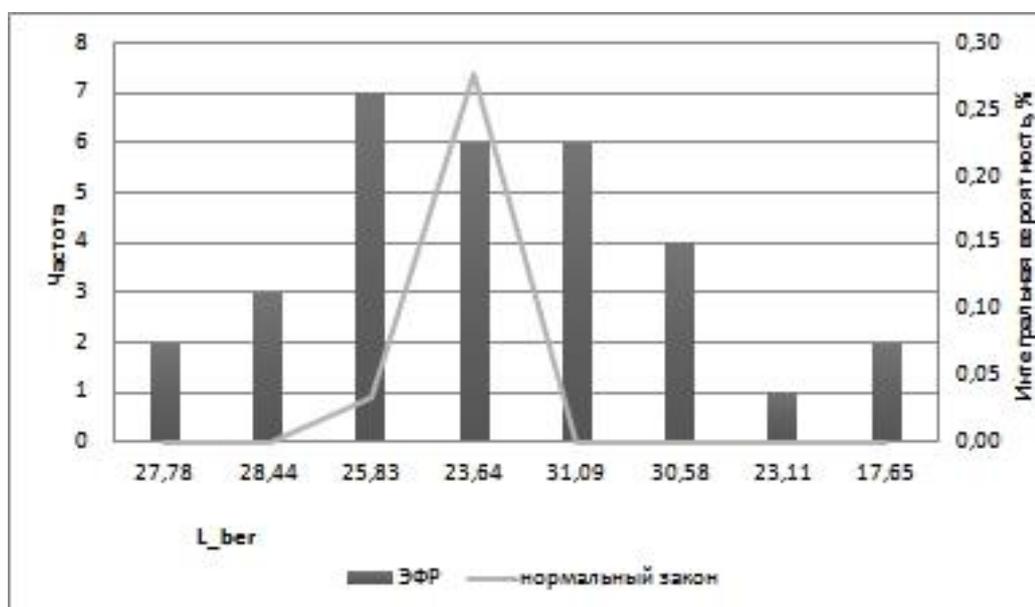


Рис.3.3.3. Эмпирическая функция и соответствующий ей нормальный закон распределения ледовитости Берингова моря с 1959-1989 год.

ЭФР для ледовитости Берингова моря в период с 1959 по 1989 год является двухмодальным, это видно из рисунка 3.1.3. $\chi^2_* > \chi^2_{кр}$ это означает, что различия между ЭФР и нормальным законом статистически значимы и ЭФР не соответствует нормальному закону. Есть один или несколько преобладающих факторов, влияющих на характеристику.

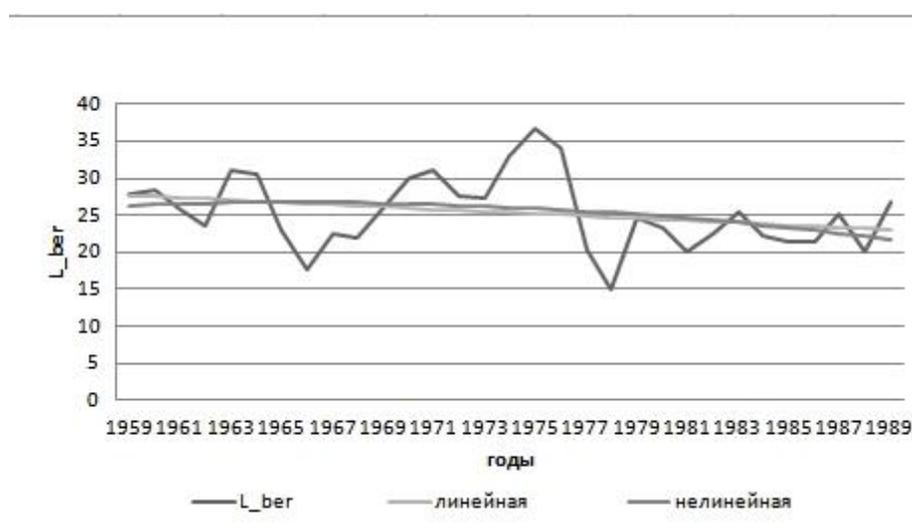


Рис3.3.4. Линейный и нелинейный тренд для ледовитости Берингова моря с 1959-1989 год.

В ряду данных нет колебаний, соответственно линейный и нелинейный тренд не являются значимыми, ряд стационарен.

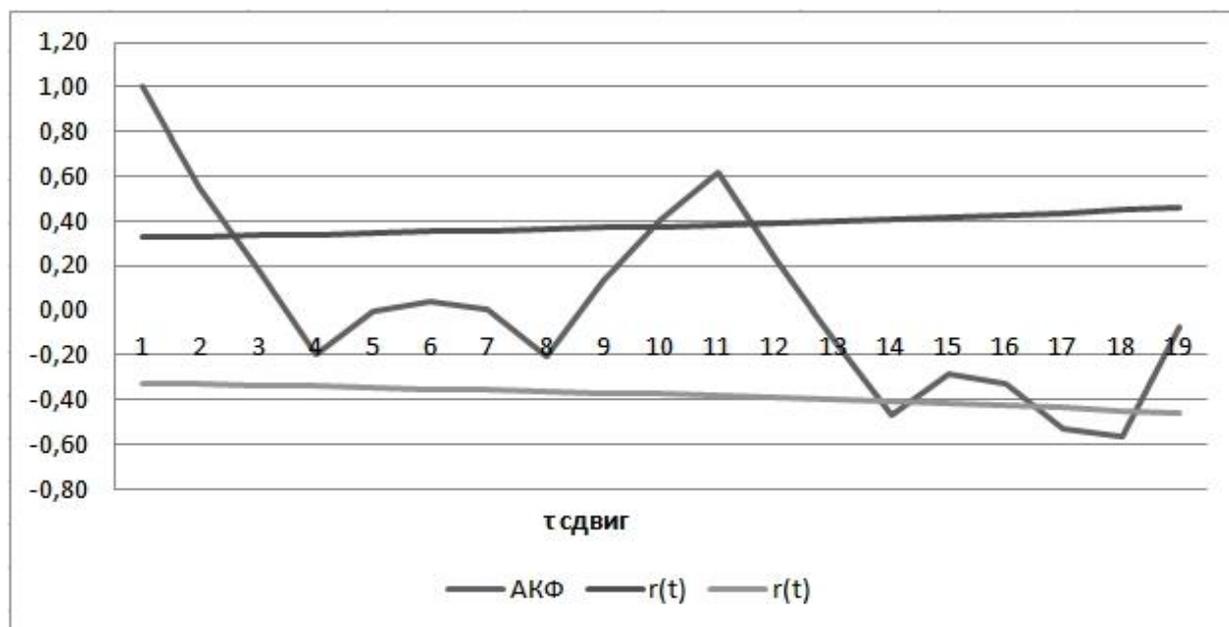


Рис.3.3.5. Автокорреляционная функция ледовитости Берингова моря в 1959-1989 год.

Инерционность процесса:

Определение инерционности процесса происходит по радиусу корреляции, то есть сдвиг при первом пересечении функцией нуля. Инерционность процесса составляет 3 года, это означает, что процесс малоинерционный.

Периодичность процесса:

В виде локальных максимумов на АКФ отражаются циклические колебания. На рисунке 3.1.5. можно увидеть 2 локальных максимума с периодом колебаний в 10 лет .

Тип процесса:

По форме АКФ процесс белый шум, который характеризует абсолютно случайный процесс.

Возможность автопрогноза:

Нет возможности спрогнозировать.



Рис.3.3.6. График фактических и восстановленных значений по уравнению AP1.

Стандартная ошибка модели независимого прогноза сравнивается со стандартным отклонением зависимой выборки. Получилось $\sigma_{\text{ен}} > \sigma_y$, значит внутренняя структура изменчивости характеристики меняется со временем и модель нельзя использовать для прогноза.

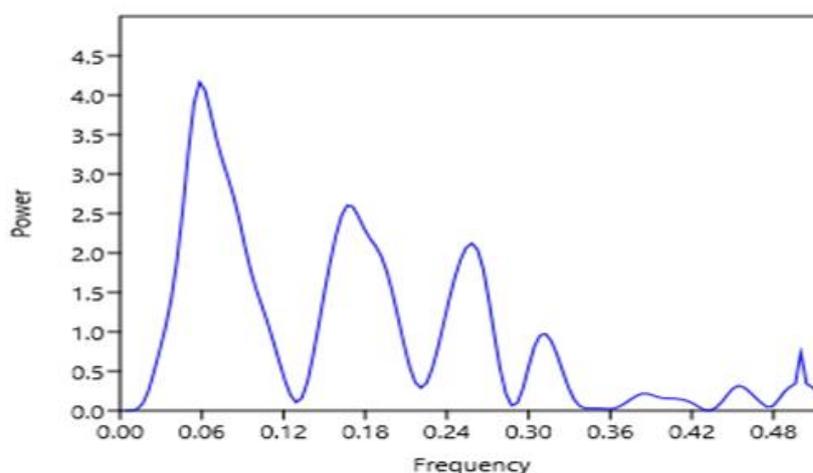


Рис.3.3.7. Перидиограмма для ледовитости Берингова моря в период с 1959-1989 год.

Из перидиограммы заметно, что присутствует две закономерности на краткий период времени, одна идёт на убывания, а под конец периода происходит небольшое возрастание.

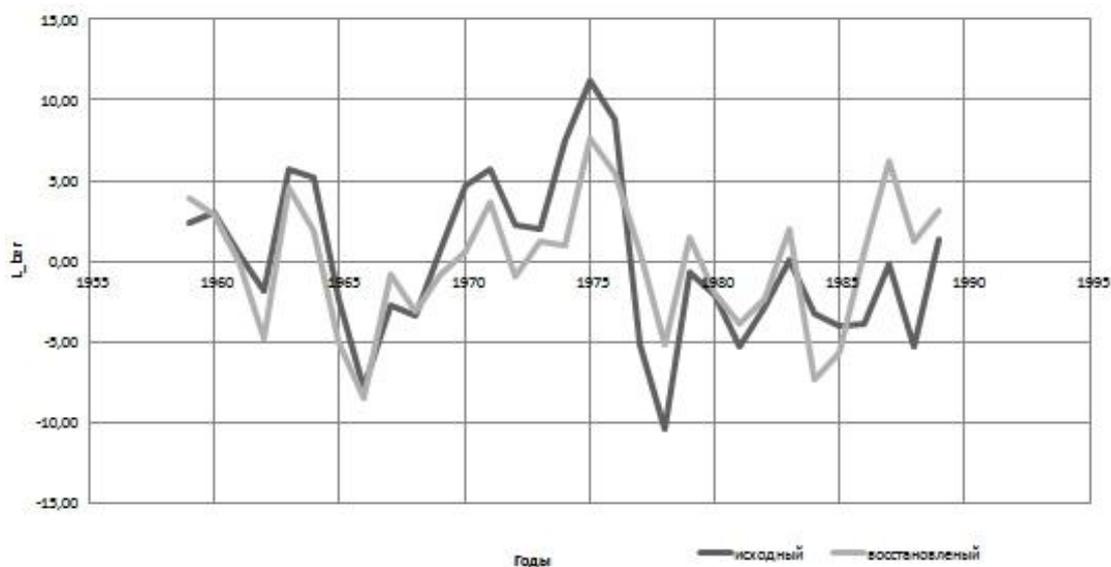


Рис.3.3.8. Совмещённый график исходных и рассчитанных значений ледовитости Берингова моря с 1959-1989 год.

Вклад в дисперсию составляет 58% этого мало для того, чтобы сделать прогноз.

3.4.Расчёт статистических характеристик для давления в центре Сибирского антициклона с 1891-1990 год.

Таблица 3.4.1. Первичная статистика.

Стандартная ошибка	0,3
Медиана	1026
Мода	1025
Стандартное отклонение	3,2
Дисперсия выборки	10,4
Эксцесс	0,4
Асимметричность	1,1
Интервал	13,3
Минимум	1023
Максимум	1036,3
Сумма	101704,2
Счет	99

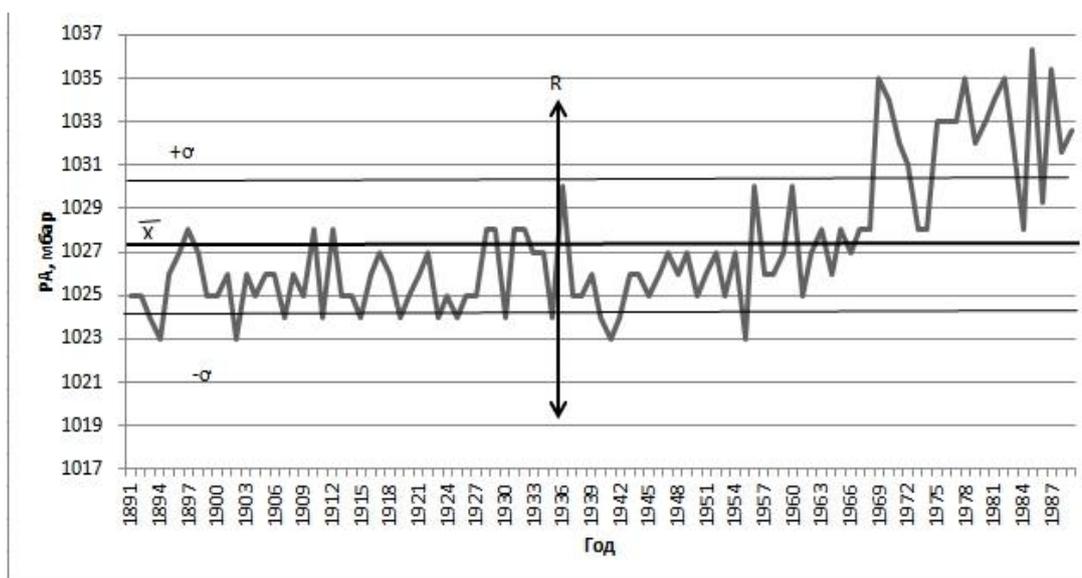


Рис.3.4.1.График среднегодового изменения давления Сибирского антициклона в период с 1891-1990 год.

Произведён расчёт первичной статистики и построен график на основе данных среднегодового изменения давления Сибирского антициклона с 1891-1990 год. Максимальное значение давления равно 1036,3 мбар равно в 1985 году. Минимальное значение равно 1023 мбар в 1984, 1902 годах. Коэффициент вариации равен 31%, и он меньше 33% это означает, что характеристика незначительно изменяется и выборка является однородной. Асимметрия равна 1,1, значит основная масса наблюдений меньше среднего значения. Эксцесс равен 0,4 это означает, что эмпирическая функция распределения является островершинной.

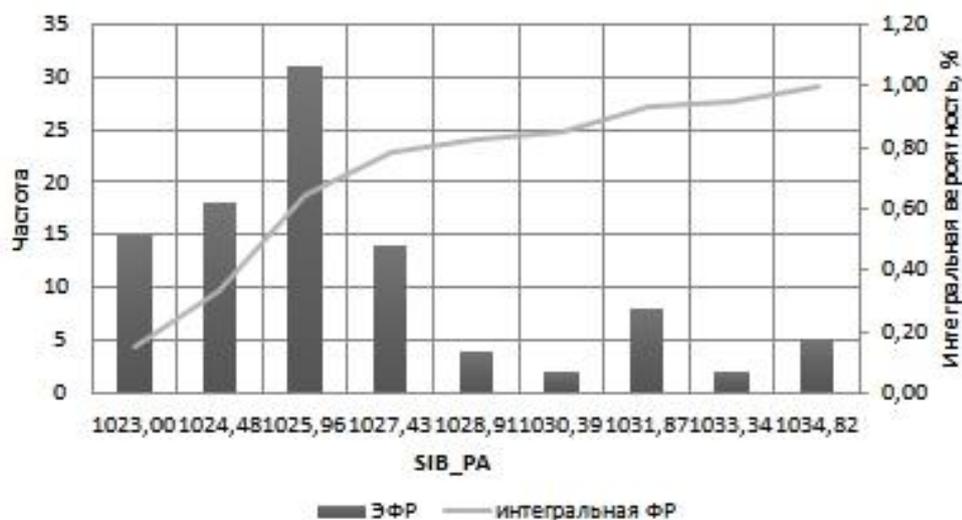


Рис.3.4.2. Эмпирическая функция распределения давления Сибирского антициклона в период с 1891-1990 год.

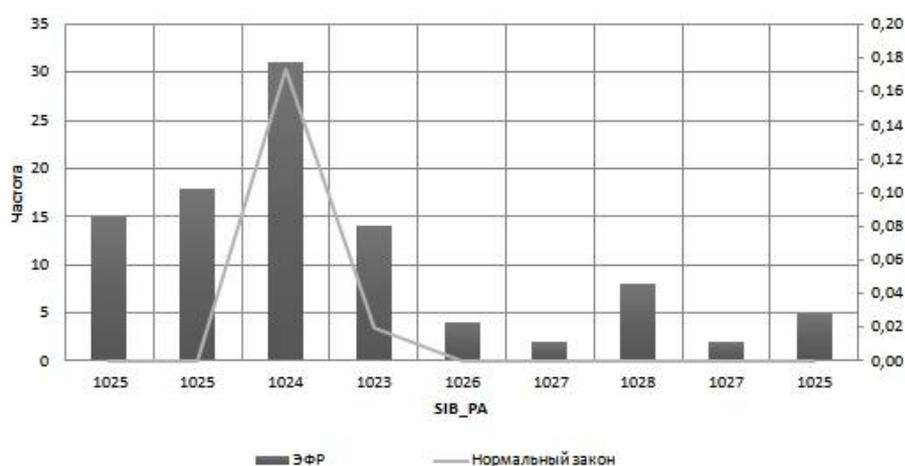


Рис.3.4.3. Эмпирическая функция и соответствующий ей нормальный закон распределения давления Сибирского антициклона с 1891-1990 год.

ЭФР для давления Сибирского антициклона в период с 1891 по 1990 год является двухмодальным, это видно из рисунка 3.4.3. $\chi^2^* > \chi^2_{кр}$ это означает, что различия между ЭФР и нормальным законом статистически значимы и ЭФР не соответствует нормальному закону. Есть один или несколько преобладающих факторов, влияющих на характеристику.

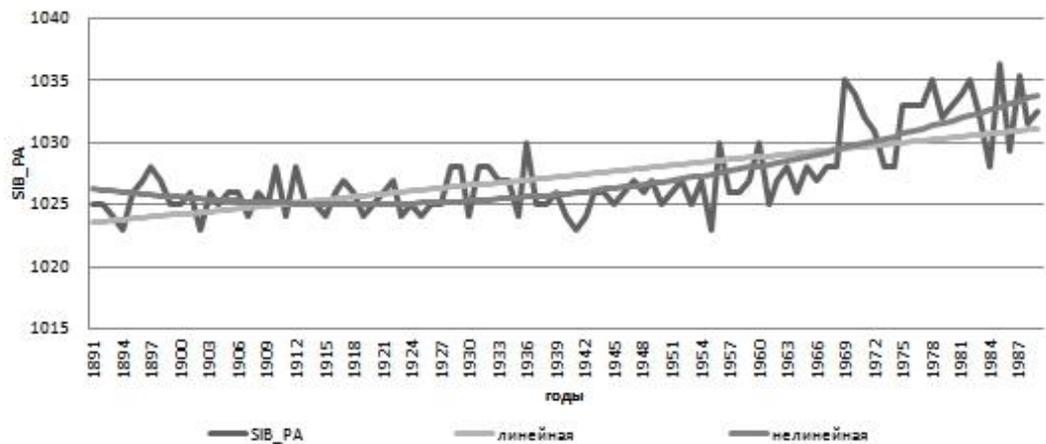


Рис.3.4.4. Линейный и нелинейный тренд для давления Сибирского антициклона в период с 1891-1990 год.

Нелинейный тренд является значимым, это означает, что дисперсия или среднее значение может иметь непрерывный характер изменения.

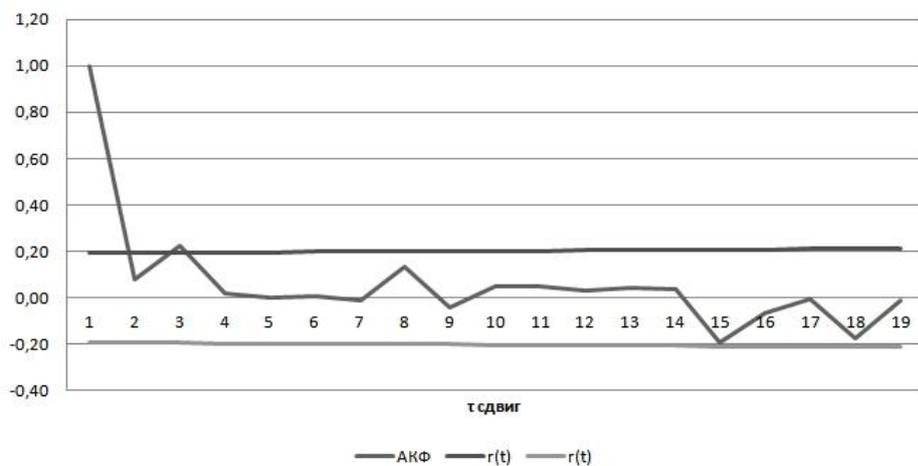


Рис.3.4.5. Автокорреляционная функция давления Сибирского антициклона в 1891-1990 год.

Инерционность процесса:

Определение инерционности процесса происходит по радиусу корреляции, то есть сдвиг при первом пересечении функцией нуля. Инерционность процесса составляет 2 года, это означает, что процесс малоинерционный.

Периодичность процесса:

В виде локальных максимумов на АКФ отражаются циклические колебания. На рисунке 3.4.4. можно увидеть 2 локальных максимума с периодом колебаний в 1 год .

Тип процесса:

По форме АКФ процесс белый шум, который характеризует абсолютно случайный процесс.

Возможность автопрогноза:

Стандартная ошибка модели независимого прогноза сравнивается со стандартным отклонением зависимой выборки. Получилось $\sigma_{\text{ен}} > \sigma_y$, значит внутренняя структура изменчивости характеристики меняется со временем и модель нельзя использовать для прогноза.

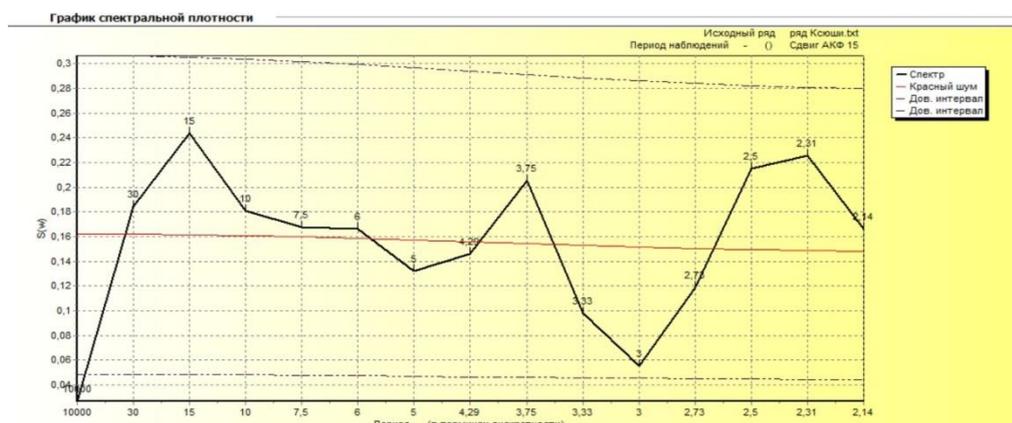


Рис. 3.4.6. Периодограмма для давления Сибирского антициклона в период с 1891-1990 год.

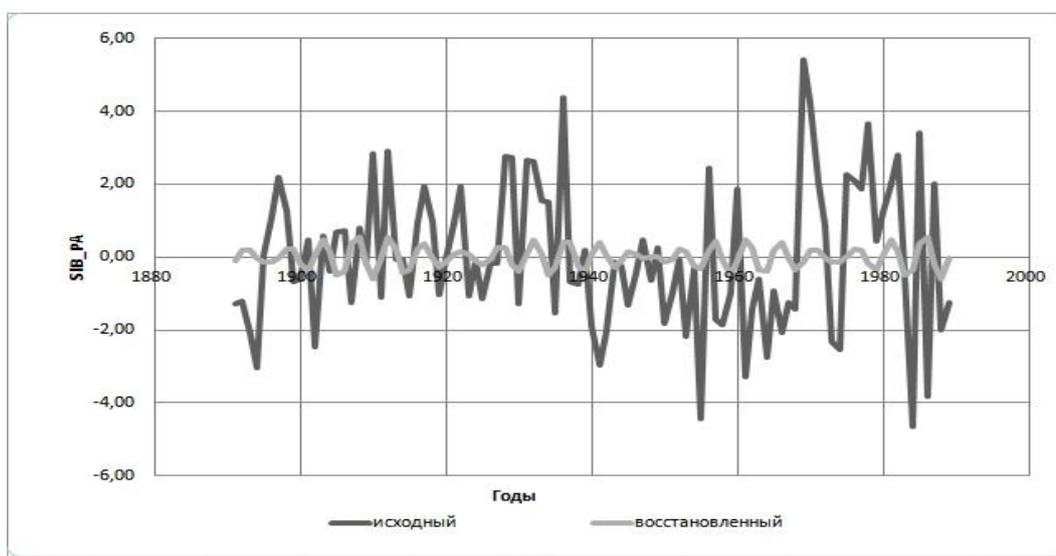


Рис.3.4.7. Совмещённый график исходных и рассчитанных значений давления Сибирского антициклона с 1891-1990 год.

Вклад в дисперсию ряда составляет 20 %, этого мало, чтобы сделать прогноз.

3.5. Расчёт статистических характеристик для чисел Вольфа в период с 1900-2003 год.

Таблица 3.5.1. Первичная статистика.

Среднее	51,5
Стандартная ошибка	3,7
Медиана	45,95
Мода	3,3
Стандартное отклонение	36,4
Дисперсия выборки	1323,4
Эксцесс	0,2
Асимметричность	0,7
Интервал	165,9
Минимум	3,3
Максимум	169,2
Сумма	5354,7
Счет	104

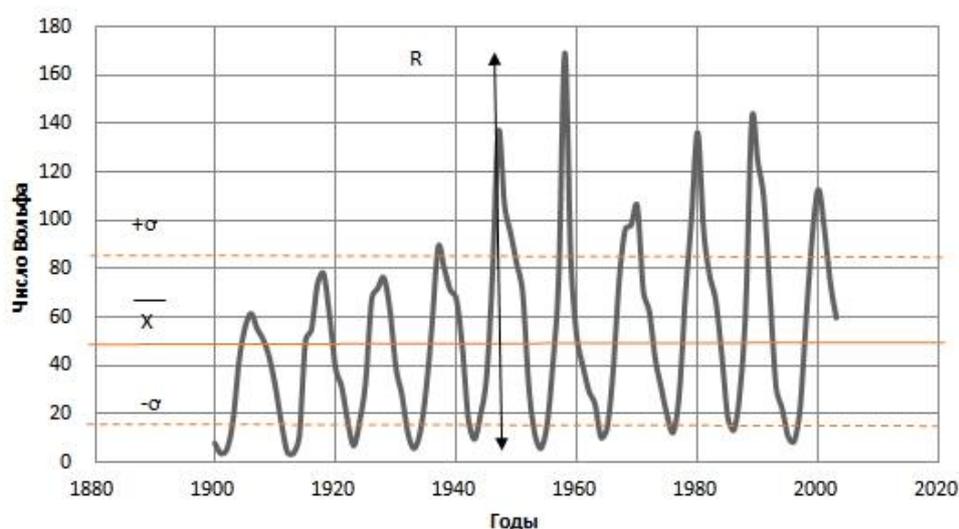


Рис 3.5.1. График для чисел Вольфа в период с 1900-2003 год.

Произведён расчёт первичной статистики и построен график на основе данных среднегодового изменения давления Сибирского антициклона с 1891-1990 год. Максимальное значение давления равно 169,2 равно в 1958 году. Минимальное значение равно 3,3 в 1901, 1913 годах. Коэффициент вариации равен 71%, и он больше 33% это означает, что характеристика значительно изменяется и выборка не является однородной. Асимметрия равна 0,7, значит основная масса наблюдений меньше среднего значения. Эксцесс равен 0,2 это означает, что эмпирическая функция распределения является островершинной.

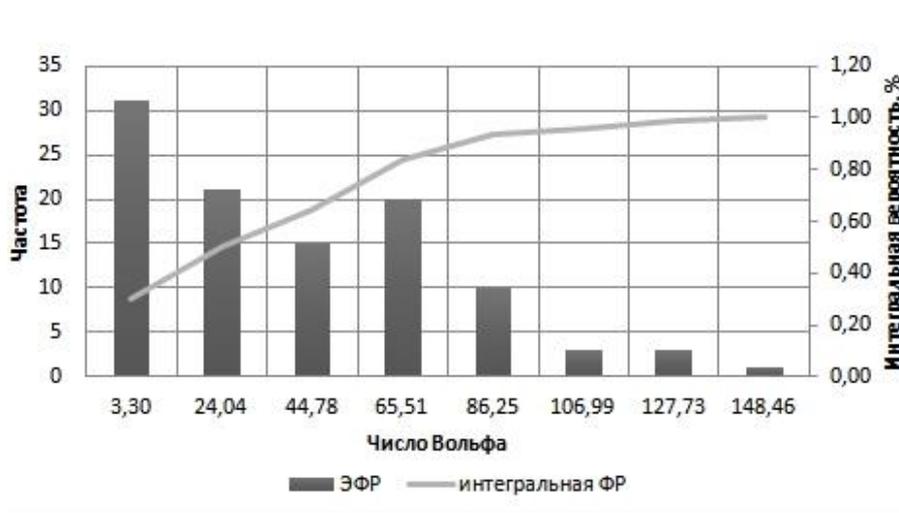


Рис.3.5.2. Эмпирическая функция распределения для чисел Вольфа в период с 1900-2003 год.

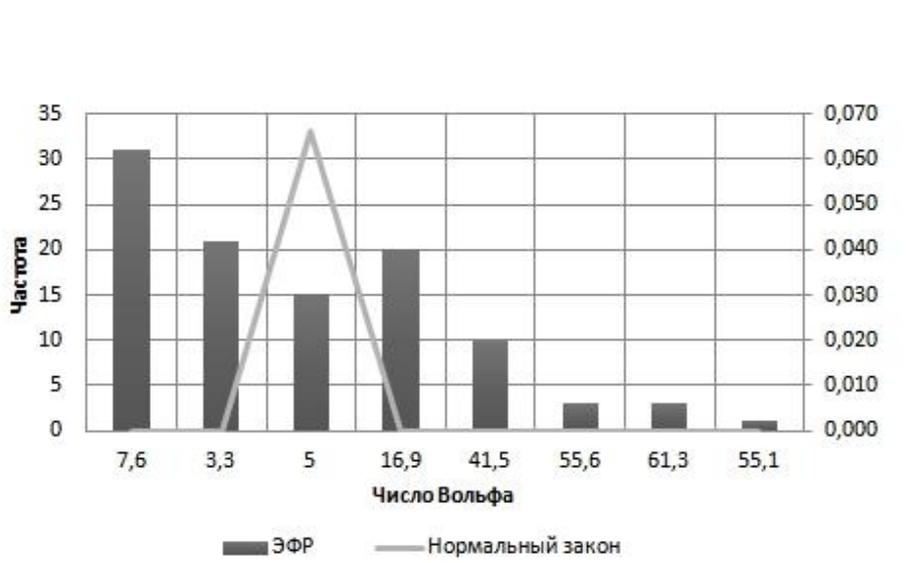


Рис.3.5.3. Эмпирическая функция распределения давления числа Вольфа в период с 1900-2003 год.

ЭФР для чисел Вольфа в период с 1900 по 2003 год является одномодальным, это видно из рисунка 3.5.3. $\chi^{2*} > \chi^{2кр}$ это означает, что различия между ЭФР и нормальным законом статистически значимы и ЭФР не соответствует нормальному закону. Есть один или несколько преобладающих факторов, влияющих на характеристику.

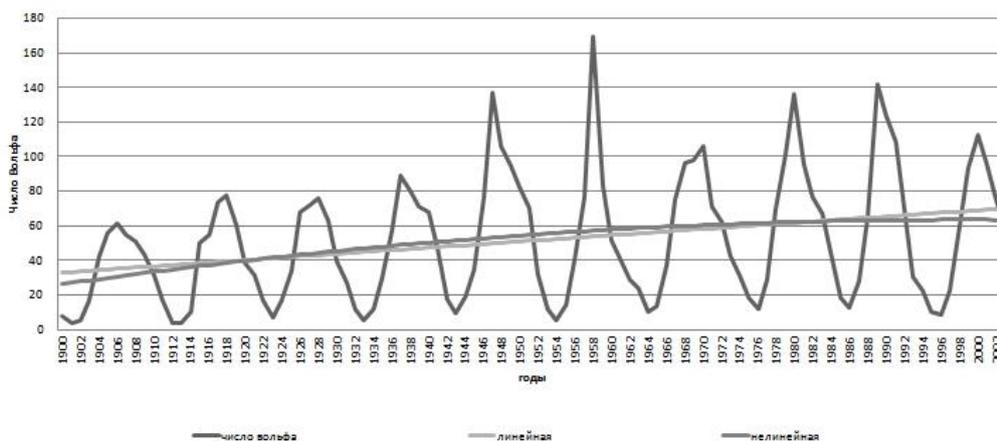


Рис.3.5.4. Линейный и нелинейный тренд для чисел Вольфа с 1900-2003 год.

В ряду данных нет колебаний, соответственно линейный и нелинейный тренд не являются значимыми, ряд стационарен.

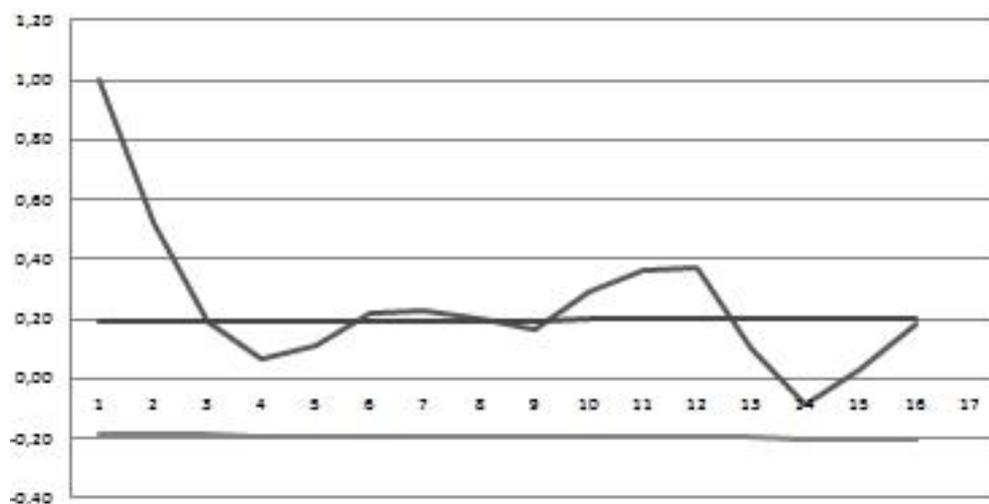


Рис.3.5.5. Автокорреляционная функция числа Вольфа в 1900-2003 год.

Инерционность процесса:

Определение инерционности процесса происходит по радиусу корреляции, то есть сдвиг при первом пересечении функцией нуля. Инерционность процесса составляет 3 года, это означает, что процесс малоинерционный.

Периодичность процесса:

В виде локальных максимумов на АКФ отражаются циклические колебания. На рисунке 3.5.5. можно увидеть 3 локальных максимума с периодом колебаний в 6 лет .

Тип процесса:

По форме АКФ процесс является циклическим, так как у него чётко выражены колебания.

Возможность автопрогноза:

Возможность спрогнозировать с заблаговременностью в 6 лет.

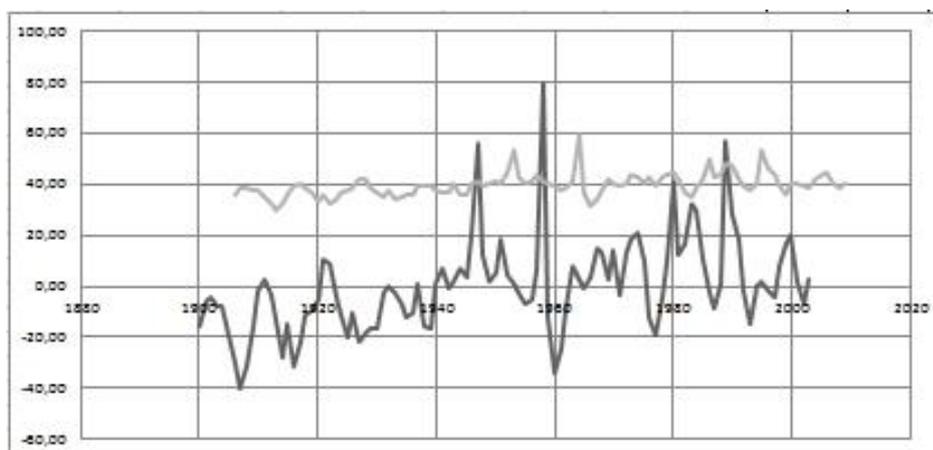


Рис.3.5.6. График фактических и рассчитанных значений по уравнению AP1 с заблаговременностью 6 лет.

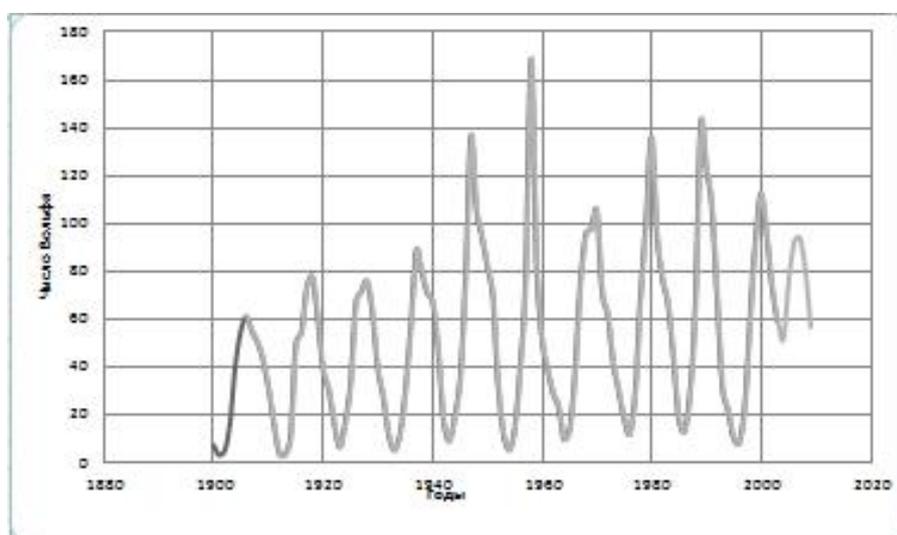


Рис.3.5.7. Исходный и рассчитанный ряд значений чисел Вольфа в период 1900-2003 года с заблаговременностью 6 лет

Исходя из графиков 3.5.6. и 3.5.7, можно сделать прогноз с заблаговременностью в 6 лет.

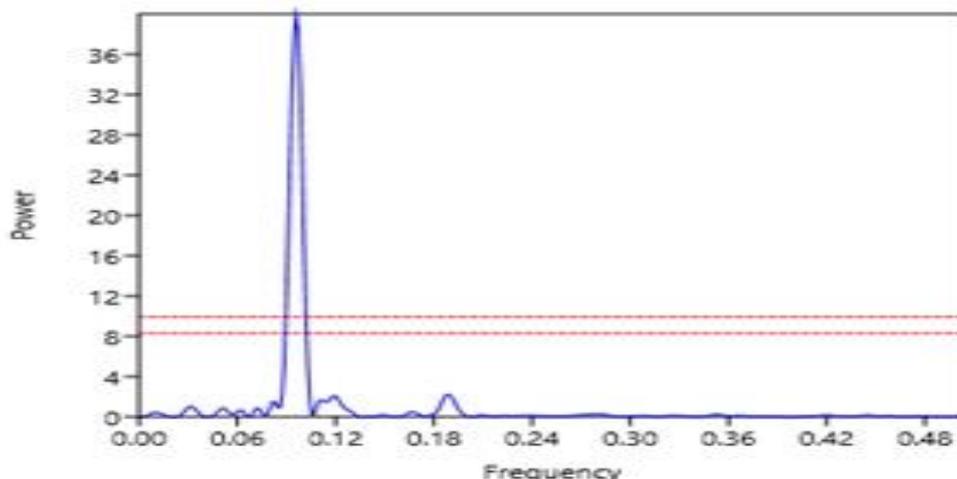


Рис. 3.5.8. Периодическая диаграмма для чисел Вольфа в период с 1900-2003 год.

Из периодической диаграммы заметно, что присутствует две закономерности: для начала происходит скачок, а потом постепенно всё идёт на сглаживание.

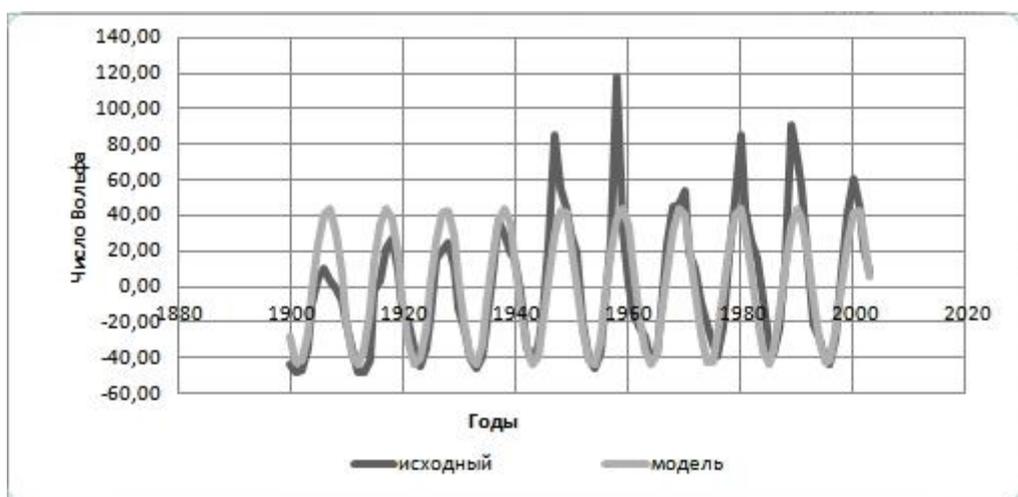


Рис.3.5.9. Совмещённый график исходных и рассчитанных значений чисел Вольфа с 1900-2003 год.

Вклад дисперсии гармоник в общую дисперсию ряда – аналог коэффициента детерминации. Поэтому проверяем на значимость коэффициент

корреляции, чтобы сделать вывод о значимости вклада гармоник в дисперсию ряда. Вклад в дисперсию ряда составляет 74%.

3.6 Вывод по главе

1. Для ряда вылова лососёвых характерны: отсутствие значимого тренда, слабо выраженная инерционность и периодичность процесса, преобладание циклического компонента, прогнозирование возможно авторегрессионными моделями с запаздыванием 2 года.

2. Для ряда отклонения скорости вращения Земли характерны особенности: отсутствие значимого тренда, является абсолютно случайным процессом, нет возможности прогнозирования.

3. Для ряда ледовитости Берингова моря характерны особенности: отсутствие значимого тренда, слабо выраженная инерционность, является абсолютно случайным процессом, прогнозирование невозможно.

4. Для ряда давления Сибирского антициклона характерны особенности: значимым трендом является нелинейный тренд, является абсолютно случайным процессом, нет возможности спрогнозировать.

5. Для ряда чисел Вольфа характерны особенности: отсутствие тренда, слабо выраженная инерционность процесса, преобладание циклического компонента, прогнозирование возможно авторегрессионными моделями с запаздыванием 6 лет.

Исходя из результатов расчёта, можно сказать, что в конечном результате климатическая изменчивость оказывает незначительное влияние на вылов лососёвых. Разработка физико-статистических моделей затруднительна и прогнозировать вылов следует с использованием статистических (регрессионных) моделей.

Заключение

В ходе данной выпускной квалификационной работы были рассмотрены виды лососёвых рыб, статистические параметры и анализ данных.

На основе полученных данных были произведены расчеты, при помощи которых можно посмотреть на тенденцию изменения уловов промысловых видов рыб в период с 1900 года по 2015 год.

При помощи статистических расчетов можно узнать много разной информации об изучаемом параметре, но достаточно сложно при помощи статистических методов выявить влияние климата на вылов лососёвых. За счёт необычного проходного образа жизни и различных внешних факторов.

В заключении хотелось сказать, что лососёвые являются ценным видом рыбы для человека, за счёт мяса, которое богато витаминами. На данный момент, можно сказать, что влияние климата не является основным фактором подвергающим риска такого рода рыбы, как лосось.

Список использованной литературы:

1. Лососёвые виды рыб: описание и хозяйственное назначение. [Электронный ресурс] URL: <https://сельхозпортал.рф/articles/lososevye-vidy-ryb-opisanie-i-hozyajstvennoe-znachenie/> (дата обращения 14.05.2022).
2. Энциклопедия Кругосвет - ЛОСОСИ. [Электронный ресурс] URL: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/biologiya/LOSOSI.html (дата обращения 14.05.2022)
3. Дальневосточный лосось: разновидности, места обитания рыбы в России. [Электронный ресурс] URL: <https://berlogakarelia.ru/vidyi-ryib/dalnevostochnyy-losos-raznovidnosti-mesta-obitaniya-ryiby-v-rossii> (дата обращения 16.05.2022).
4. Лососёвая карта. [Электронный ресурс] URL: <https://www.fishbase.se/search.php> (дата обращения 23.05.2022)
5. Происхождение вида и описание Горбуши, Кижуча, Чавыча. [Электронный ресурс] URL: <https://wildfauna.ru/gorbusha> (дата обращения 23.05.2022)
6. Лаборатория компьютерных технологий ДВГИ ДВО РАН. Статья "Горбуша". [Электронный ресурс] URL: http://www.fegi.ru/PRIMORYE/SEA/fish1_6.htm (дата обращения 20.05.2022)
7. Энциклопедия рыб - речная горбуша. [Электронный ресурс] URL: <https://fish-book.ru/rechnaya-gorbusha/> (дата обращения 20.05.2022)
8. Промысел горбуши [Электронный ресурс] URL: <http://riba-promislovay.ru/semeystvo-lososevie/65-gorbusha.html> (дата обращения 20.05.2022)
9. А.М.Хрусталёва, Н.В.Кловач - Популяционная структура нерки *Oncorhynchus nerka* северо-восточного побережья Камчатки, Чукотки и Командорских островов. Издательство: ФГБНУ ВНИРО, г. Москва, 2015 год. Том 158, страница 23-24.

10. Обитание нерки. [Электронный ресурс] URL: <https://ribaku.info/ryba/nerka> (дата обращения 20.05.2022)
11. Аквакультура России - Кета. [Электронный ресурс] URL: <http://aquacultura.org/objects/13/138/> (дата обращения 22.05.2022.)
12. Всё о рыбе - Кета. [Электронный ресурс] URL: <https://ribxoz.ru/keta/> (дата обращения 22.05.2022)
13. Промысловые рыбы России. В двух томах / под ред. О.Ф.Гриценко, А.Н.Котляра и Б.Н.Котенёва.- М.: изд-во ВНИРО. 2006.- 1280 с., 2 том.
14. Гордеева С.М. Практикум по дисциплине «Статистические методы обработки и анализа гидрометеорологической информации». – СПб, изд. РГГМУ, 2017.
15. Кусто Ж.И., Паккале И. Лососи, бобры, каланы. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 286 с.
16. [Электронный ресурс] URL: <https://natworld.info/zhivotnye/promyslovye-vidy-ryb-nazvaniya-foto-i-harakteristika> (дата обращения 16.06.2022)
17. [Электронный ресурс] URL: <https://fishingday.org/lososevye-ryby-nazvaniya/> (дата обращения 16.06.2022)
18. [Электронный ресурс] URL: <https://faunistics.com/losos/> (дата обращения 16.06.2022)
19. [Электронный ресурс] URL: https://www.aquamaps.org/receive.php?type_of_map=regular (дата обращения 16.06.2022)