



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему **Морфометрические
особенности и уровенный режим
озер полуострова Таймыр и
сопредельных территорий**

Исполнитель Бирюкова Валентина Андреевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доктор географических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Мякишева Наталия Вячеславовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

к.г.н доцент кафедры гидрологии суши
(ученая степень, ученое звание)

Сикан А.В.
(фамилия, имя, отчество)

«18» июня 2018 г.

Санкт-Петербург
2018

СОДЕРЖАНИЕ

1.МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЕР ПОЛУОСТРОВА ТАЙМЫР И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.	4
1.1 Общие сведения об озерах полуострова Таймыр и сопредельных территориях.	4
1.2 Анализ морфометрических характеристик озер полуострова Таймыр и сопредельных территорий.	8
2.РАЗНОМАШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЕЙ ВОДЫ В ОЗЕРАХ.	11
2.1 Многолетние колебания уровней воды в озерах	11
2.2 Внутригодовые колебания уровней.	36
3.КЛИМАТ И УВЛАЖНЕННОСТЬ.....	43
3.1 Общие характеристики климата территории.	43
3.2 Индекс-де Мартона.....	49
3.4 Выделение трендов рядов атмосферных осадков с помощью фильтра Баттерворта.	53
3.5 Выделение трендов рядов атмосферных осадков с помощью фильтра Баттерворта.	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	93
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	96
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	96
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	101
Среднегодовые уровни воды	101
ПРИЛОЖЕНИЕ В	104
Расчет вероятностных характеристик внутригодовой изменчивости речного стока для каждого месяца года.	104

ВВЕДЕНИЕ

Озера относятся к поверхностным водным объектам и распространены повсеместно.

Озера-водные объекты с замедленным водообменом. Уровень воды в них не только фиксирует водные ресурсы, но и является интегральным показателем увлажненности территорий, а, следовательно, и интегральным показателем изменений климата. Замедленный водообмен в озерах во многом определяет структуру рядов уровней воды, формируя, в первую очередь высокую инерционность колебаний, которая проявляется в наличии трендов - низкочастотных составляющих. Поскольку уровеньный режим озер формируется не только под воздействием активных (климатических), но и адаптивных (подстилающая поверхность) факторов, актуальным является и изучение морфометрических особенностей озер и их бассейнов.

Большое сосредоточение озер наблюдается на севере Красноярского края. Данный район интересен большими минерально-сырьевыми, биологическими и промысловыми ресурсами. В связи с созданием Таймыро-Туруханской опорной зоны и развитием Красноярской Арктики возникает необходимость в изучении озер Таймыро-Североземельской области и Путоранской провинции. Озера принадлежат Енисейскому водному бассейну и, в частности, подбассейнам рек Хатанги, Пясины, Таймыры.

Цель работы заключалась в выявлении морфологических особенностей озер Таймыро-Североземельской области и Путоранской провинции и оценка их уровня режима.

Для достижения цели решены следующие задачи:

- 1) Собрать исходные данные
- 2) Оценить степень изученности озер по литературным, картографическим, фондовым данным.
- 3) Проанализировать основные морфометрические параметры котловин озер с использованием статистических методов.
- 4) Выполнить анализ многолетних колебаний водности озер;

- 5) Провести анализ внутригодовых колебаний уровня озер;
- 6) Обобщить результаты анализа в терминах адекватных вероятностных моделей.
- 7) Оценить изменения уровня озер в зависимости от метеоусловий.

Объектами исследования являются естественные озера полуострова Таймыр и сопредельных территорий.

Для решения поставленных задач использованы следующие данные:

- натурные морфометрические данные по 61 озеру полуострова Таймыр и сопредельных территорий, собранные в глобальной лимнологической базе данных WORLDLAKE, а также из материалов книги «Озера северо-запада Сибирской платформы» Пармузина Ю.П, Дроздова В.М, Водопьяновой Н.С.

- данные температуры (T , °C), осадков (P , мм), взятые по 4 метеорологическим постам, а именно Агата, Волочанка, Хатанга, Дудинка на данной территории из базы ВНИИГМИ-МЦД

- данные об уровнях воды по 3 озерным постам, таких как оз.Таймыр, Лама, Хантайское, собранные в Гидрологических ежегодниках т.7 вып. 0-1,5,8 в библиотеке ФГБУ «ГГИ»

В качестве методов исследования. использовались квантильный анализ и спектральный анализ, методы линейной и низкочастотной фильтрации Баттерворта,

1.МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЕР ПОЛУОСТРОВА ТАЙМЫР И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.

1.1 Общие сведения об озерах полуострова Таймыр и сопредельных территорий.

В Красноярском крае 323 тысячи озёр с площадью зеркала выше десяти гектаров. Кроме этого, большое количество озёр появляются раз в несколько лет — во время интенсивного таяния снегов.Около 86 % озёр края находятся за Полярным кругом. Крупнейшее из них — озеро Таймыр. Площадь его

зеркала — 4560 км². Другие крупные озёра: Большое Хантайское, Пясино, Кета, Лама.

К сожалению, большая часть озёр малоизучена. Озёра Таймыра и прилегающей территории можно разделить на 4 группы.

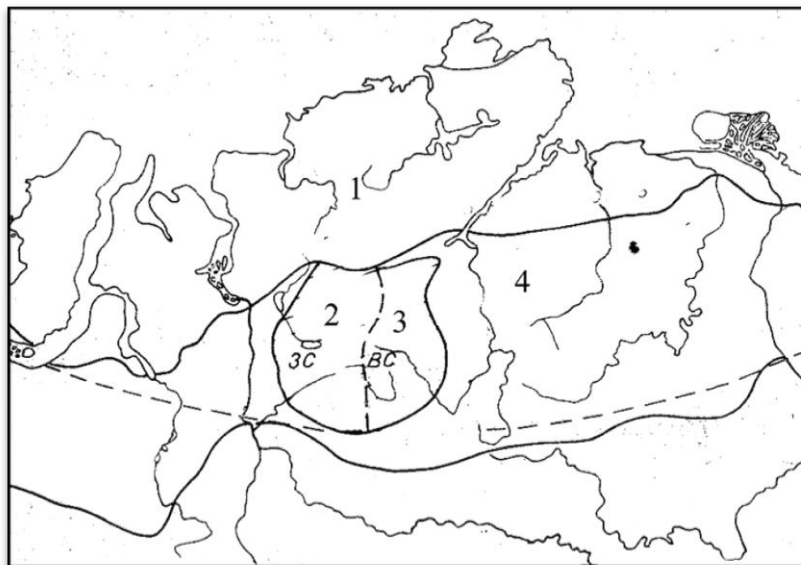


Рисунок 1.1.1- 1- Северо-Сибирская низменность, 2- Западный сектор Путоранской провинции, 3- Восточный сектор Путоранской провинции, 4 - Средне-Сибирское плоскогорье. [16]

По происхождению наиболее распространены ледниковые и тектонические озёра. К ледниковым относятся Тамыр, Пясино, Лама, Малое Хантайское, Мелкое. К тектоническим Горбиачин, Капчук, Накомьяк, Собачье.

Все крупные и средней величины озёра в Путоранской провинции приурочены к долинам рек. Все они проточные. Самая же характерная черта крупных озёр, лежащих в пределах куполообразного базальтового плато, — они занимают переуглубленные участки речных тальвегов без расширения и изменения характера долин, протекающих через озёра рек. Исключения составляют лишь 4 озёра, расположенные у северо-западного края плато, урез воды которых ниже 100 м. абс. выс.: Лама, Глубокое, Кета и Хантайское. И это понятно, так как ванны самых крупных озёр, а их около 50, произошли

в результате образования трещин растяжения в интенсивно поднимающемся куполообразном базальтовом плато [16].

Для анализа уровня режима были выбраны 3 озера, а именно оз.Таймыр, оз. Хантайское, оз. Лама, по которым были собраны данные о среднегодовых и ежемесячных уровнях воды. Ниже приведено описание гидропостов, на которых производились наблюдения за уровнями воды.

Таблица 1.1.1 – Сведения о постах на озерах.

Водоем	Код водного объекта	Название поста	Код поста	Период действия поста		Отметка нуля поста	
				Дата открытия	Дата закрытия	Высота,м	Система высот
1	2	3	4	5	6	7	8
оз.Хантайское	216100560	пос.Хантайское озеро (пос.Таймыр)	09922	13.05.1960	закрыт	57.93	БС
оз.Таймыр	216102176	пос.Таймыр	09901	01.09.1943	закрыт	0.27	БС
оз.Лама	216101122	Дом отдыха "Лама"	09972	21.04.1980	закрыт	50.00	усл

Оз.Таймыр-пос. Таймыр

Пост расположен в 30 км от истока Нижней Таймыры, восточнее ее на северном берегу озера, на небольшом безымянном полуострове длиной около 1 км, шириной около 0.5 км. Полуостров вытянут с востока на запад, образуя бухту Ожидания, с глубинами 2-5 м.

К северу на расстоянии 2 км вдоль всего берега тянется гряда «останцев» с высотами около 200 м. Далее, на север простирается овражистая, кочковатая тундра, местами поросшая мелким кустарником ивы и карликовой березки, изобилующая крупными и мелкими озерами. Южный берег полуострова покрыт густым травянисто - мшистым покровом.

Северный берег – галечный, значительно ниже и ровнее южного. Дно озера песчано – илистое.

Основной мет. репер №1 АНИИ 1947 г.с высотой 12.314 м БС, переданной в 1951 г от репера № 554 в пос. Хатанга, в 100 м к ССВ от служебного дома. С 20 августа 1962 г. Использовался в качестве контрольного репера выступ скалы (маркированный голубой масляной краской), расположенный в 185 м к ЮВ от основного репера №1, у самого берега, с высотой 7.456 м БС.

Высота нуля графика 0.27 м БС.

Температура воды измеряется в створе водпоста, у берега.

Толщина льда измеряется в створе водпоста в 200-300 м от берега [3].

Оз. Хантайское - пос. Таймыр

Пост расположен на южном берегу озера, у поселка.

Берег пологий, сложен из крупнозернистого песка, галечника и крупных валунов. Бровка покрыта травой и мелким кустарником.

Водпост состоит из свай и двух реперов в створе водпоста. Мет.репер №1 ГИДЭП 1960 г. с высотой 79.021 м БС, дер. Репер №2 ГИДЭП 1960 г. с высотой 77.934 м БС. Высоты получены нивелировкой IV класса от исходного репера (триангуляционный пункт «Звероферма»), расположенного в 300 м восточнее пос. Таймыр с высотой 90.413 м БС.

Высота нуля графика 57.93 м БС.

Температура воды измеряется в створе водпоста, у берега, толщина льда-200-300 м от берега при помощи ручного бура и ледемерной рейки [3,5]
В 1976 г. название пос. Таймыр было изменено на пос. Хантайское озеро.

Оз.Лама – дом отдыха «Лама».

Пост расположен в дельте ручья, в 8 км на запад от турбазы «Лама», на северном берегу озера.

Прилегающая местность горитая с высотами 500-1500 м. Озеро Лама образовалось в тектонической впадине, измененной ледниковой деятельностью, и имеет вытянутую форму. Берег на участке поста пологий,

покрыт кустарником, березой, хвойными деревьями. Подстилаящая поверхность сложена из гальки и камней, в лесу покрыта мхом. Дно в прибрежной части галечное. Озеро Лама протокой соединяется с оз. Мелким.

Пост свайный.

Отметка нуля поста 50.00 м усл.

Температура воды измеряется в створе поста у берега водным термометром в оправе, толщина льда - в створе поста в 500 м от берега при помощи ручного бура и ледемерной рейки. [5]

1.2 Анализ морфометрических характеристик озер полуострова Таймыр и сопредельных территорий.

Для анализа морфометрических характеристик было выбраны 61 озеро, имеющее разную высоту над уровнем моря, около 67% из них расположены на плато Путорана. Данные взяты из лимнологической базы данных WOPLDLAKE, содержащей обширные лимнологические и другие данные для $5.1 \cdot 10^4$ естественных и $8.1 \cdot 10^3$ искусственных озер мира, а также из материалов книги «Озера северо-запада Сибирской платформы» Пармузина Ю.П, Дроздова В.М, Водопьяновой Н.С.



Рисунок 1.1.2- Анализируемые озера полуострова Таймыр и прилегающей территории.

Площадь водосбора озера известна у 33 озер, а объем воды в озере у 6 (оз.Пясино, Таймыр, Хантайское, Глубокое, Лама, Мелкое).



Рисунок 1.1.3 – Распределение озер по высоте над уровнем моря.

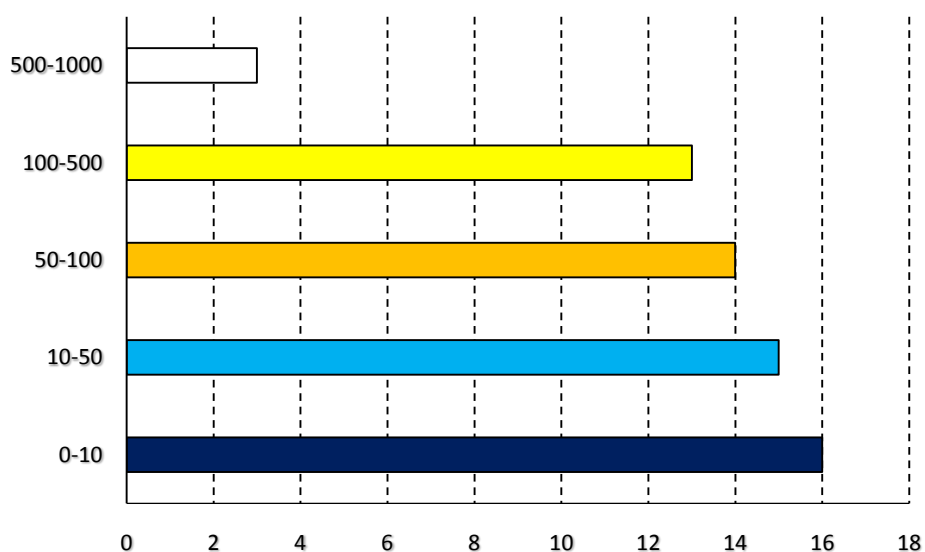


Рисунок 1.1.4 Распределение озер по площадям водной поверхности.

Котловины озер одного и того же происхождения, одинакового возраста должны иметь схожие относительные размеры. Известно, что котловины тектонического происхождения более глубокие, чем, например, ледникового, а формы котловин соответственно ближе к конусу и параболоиду. [2]

К сожалению, данных по озерам недостаточно для создания зависимости площади озера от его объема, поэтому была создана выборка по площади озера A и по площади водосбора F (Приложение А). В нее входят 29 озер. По этой выборке построена логарифмическая зависимость $\lg(A+1) = f(\lg(F+1))$ (рисунок 1.2.1).

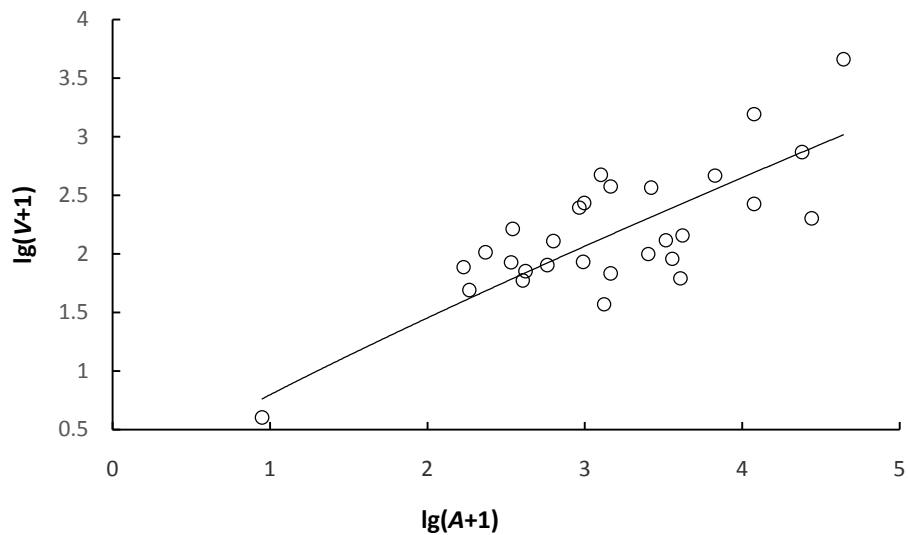


Рисунок 1.2.1 –Зависимость $\lg(A+1) = f(\lg(F+1))$ при $Z < 300$ м

Зависимость при $Z < 300$ м аппроксимирована степенной кривой, уравнение зависимости $y = 0.7955x^{0.8677}$. Коэффициент корреляции равен 0.7157. Прослеживается тенденция увеличения площади водосбора с увеличением площади озера.

2. РАЗНОМАСШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЕЙ ВОДЫ В ОЗЕРАХ.

2.1 Многолетние колебания уровней воды в озерах

Для проведения анализа многолетних колебаний уровней воды в озерах были выбраны озера с наибольшим периодом наблюдений (Таблица 2.1).

Таблица 2.1.1 – Сведения о периоде наблюдений на постах.

Водоем	Код водного объекта	Название поста	Код поста	Период наблюдений
1	2	3	4	5
оз.Хантайское	216100560	пос.Хантайское озеро (пос.Таймыр)	09922	35
оз.Таймыр	216102176	пос.Таймыр	09901	36
оз.Лама	216101122	Дом отдыха "Лама"	09972	19

В основном, при изучении климатической системы берется во внимание эквидистантная информация - информация, которую получают через одинаковые промежутки времени, при анализе гидрохимических, гидробиологических показателей климатической системы, как правило используют не эквидистантные ряды наблюдений. При неравномерном характере реализации малого объема рекомендовано рассчитывать квантили X_{min} , $X_{0.25}$, $X_{0.5}$, $X_{0.75}$, X_{max} .

Каждый временной ряд рассматривается как реализация случайного процесса $x(t)$, за основную вероятностную характеристику которого принимается функция распределения $F(x_p)$ и ее квантили x_p .

Алгоритм оценивания перечисленных характеристик: X_{min} и X_{max} – min и max значения данных в выборке, $X_{0.5}$ – медиана. Если количество членов в выборке нечетное, то медиана - центральное значение выборки, если количество членов в выборке четное, то медиана - среднее между двумя центральными значениями.

$X_{0.25}$ и $X_{0.75}$, - характеризуют центральные значения первой и второй половины выборки соответственно.

Анализ крайних членов X_{min} и X_{max} требует большой осторожности, поскольку значения подвержены влиянию выборочной изменчивости, обусловленной ошибками измерений исходных величин. Высокой устойчивостью обладает размах, характеризующий ширину выборочного распределения данных:

$$R = X_{max} - X_{min}, \quad (2.1.1)$$

где X_{max}, X_{min} – крайние члены ранжированного (выстроенного в порядке возрастания) ряда.

Медиана $X_{0.5}$ являясь средним значением ранжированного ряда, характеризует центр распределения данных в выборке. Набор квантилей, $X_{0.25}, X_{0.5}, X_{0.75}$ фиксирует «норму» изменчивости анализируемого параметра, $X_{0.25}$ – нижний, а $X_{0.75}$ – верхний ее пределы. Величина Q называемая интерквантильным расстоянием, служит мерой разброса в пределах «нормы».

Интерквантильное расстояние:

$$Q = X_{0.75} - X_{0.25}; \quad (2.1.2)$$

Для $X_{0.25}$ и $X_{0.75}$, - вводятся барьерные значения:

$$X_B = X_{0.75} + 1.5Q \text{ (верхний)}; \quad (2.1.3)$$

где X_B – уровень верхнего барьера, см;

$X_{0.75}$ – медиана половины ранжированного ряда;

Q – интерквантильное расстояние;

$$X_H = X_{0.25} - 1.5Q \text{ (нижний)}; \quad (2.1.4)$$

где X_H – уровень нижнего барьера, см;

$X_{0.25}$ – медиана половины ранжированного ряда;

Q – интерквантильное расстояние;

В качестве оценки центра распределения данных в выборке рассматривают математическое ожидание m и трехсреднее значение T^* , а в

качестве оценок масштаба распределения – дисперсию D или стандарт $\sigma = \sqrt{D}$. Оценки математического ожидания и дисперсии в основном вычисляют как среднее арифметическое значение и квадрат отклонений от него, трехсреднее значение – по формуле Тьюки:

$$T^* = 0.25(X_{0.25} + 2X + X_{0.75}); \quad (2.1.5)$$

где $X_{0.25}$, $X_{0.5}$, $X_{0.75}$ - квантили.

Сопоставление среднего m с медианой $X_{0.5}$ и σ с $0,74Q$ дает возможность получить предварительную информацию о типе и параметрах распределения в данной выборке.

Если распределение симметрично, то m и $X_{0.5}$ равны с точностью до выборочной изменчивости. Сопоставление m и $X_{0.5}$, σ и $0,74Q$ удобно проводить графически. Для этого на график наносятся точки, абсциссы которых соответствуют m или σ , а ординаты $X_{0.5}$ или $0,74Q$. Если точки группируются около биссектрисы координатного угла, то $0,74Q$ и σ , а также m и $X_{0.5}$ такие же, как и у нормального распределения.

В качестве другой характеристики асимметрии полезно использовать следующий параметр:

$$As = [(\chi_{0.75} - \chi_{0.5}) - (\chi_{0.5} - \chi_{0.25})] / (2Q); \quad (2.1.6)$$

Расчеты доверительных интервалов As вычисленные по смоделированным нормальным рядам показали, что выборку целесообразно считать симметричной, если $-0,31 < As < 0,25$; имеющий левую асимметрию, если $As < -0,31$ или правую при $As > 0,25$

Межгодовая (многолетняя) изменчивость уровня воды в озерах традиционно анализируется по рядам среднегодовых и экстремальных уровней воды и характеризуется наличием многоводных и маловодных лет. Принято считать, что для получения достаточно надежной нормы необходимо выбирать такой период наблюдений, в который входило бы одинаковое количество маловодных и многоводных лет.

Экстремальные уровни используются для характеристики максимальных уровней весеннего половодья, дождевых паводков и минимальных уровней. В данной работе для анализа многолетней изменчивости используются данные среднегодовых значений и последовательности ежегодных значений для всех месяцев года.

Уровенные ряды озер, представленных в таблице 2.1, прошли проверку на однородность. Для проверки однородности уровенных рядов были использованы параметрические критерии, а именно критерий Фишера и Стьюдента. В практике критерий Стьюдента используется как статистика для проверки однородности гидрологических рядов по среднему значению.

Критерий Фишера используется для проверки на однородность гидрологического ряда по дисперсии. Проверка рядов исходных данных анализируемой реки на однородность показала, что ряд по критерию как Фишера, так и Стьюдента однородный.

Таблица 2.1.2 - Статистические характеристики межгодовой изменчивости

Озеро Таймыр													
	$X_{\min}$	$X_{0,25}$	$X_{0,5}$	$X_{0,75}$	$X_{\max}$	R	Q	X_H	X_B	m	ско	0,74Q	As
H,м	258	328	354	378	425	167	50	253	453	351.7	36.1	37	-0.02
Озеро Хантайское													
	$X_{\min}$	$X_{0,25}$	$X_{0,5}$	$X_{0,75}$	$X_{\max}$	R	Q	X_H	X_B	m	ско	0,74Q	As
H,м	674	699	703	716	744	70	17	673.5	741.5	707.2	16	12.58	0.26
Озеро Лама													
	$X_{\min}$	$X_{0,25}$	$X_{0,5}$	$X_{0,75}$	$X_{\max}$	R	Q	X_H	X_B	m	ско	0,74Q	As
H,м	169	174	188	204	210	41	30	129	249	189.4	14.2	22.2	0.03

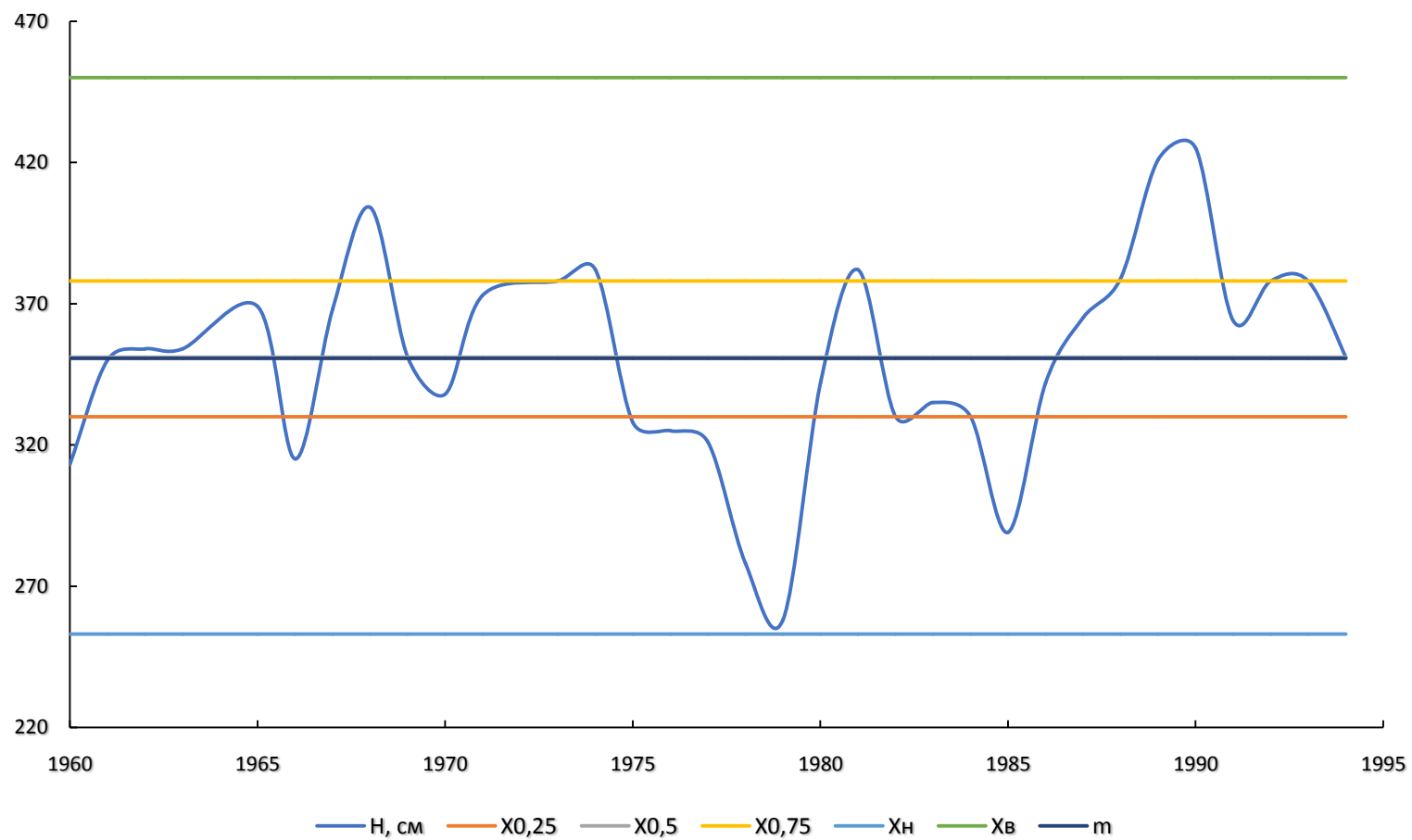


Рисунок 2.1.1 – График среднегодовых уровней воды на оз Таймыр.

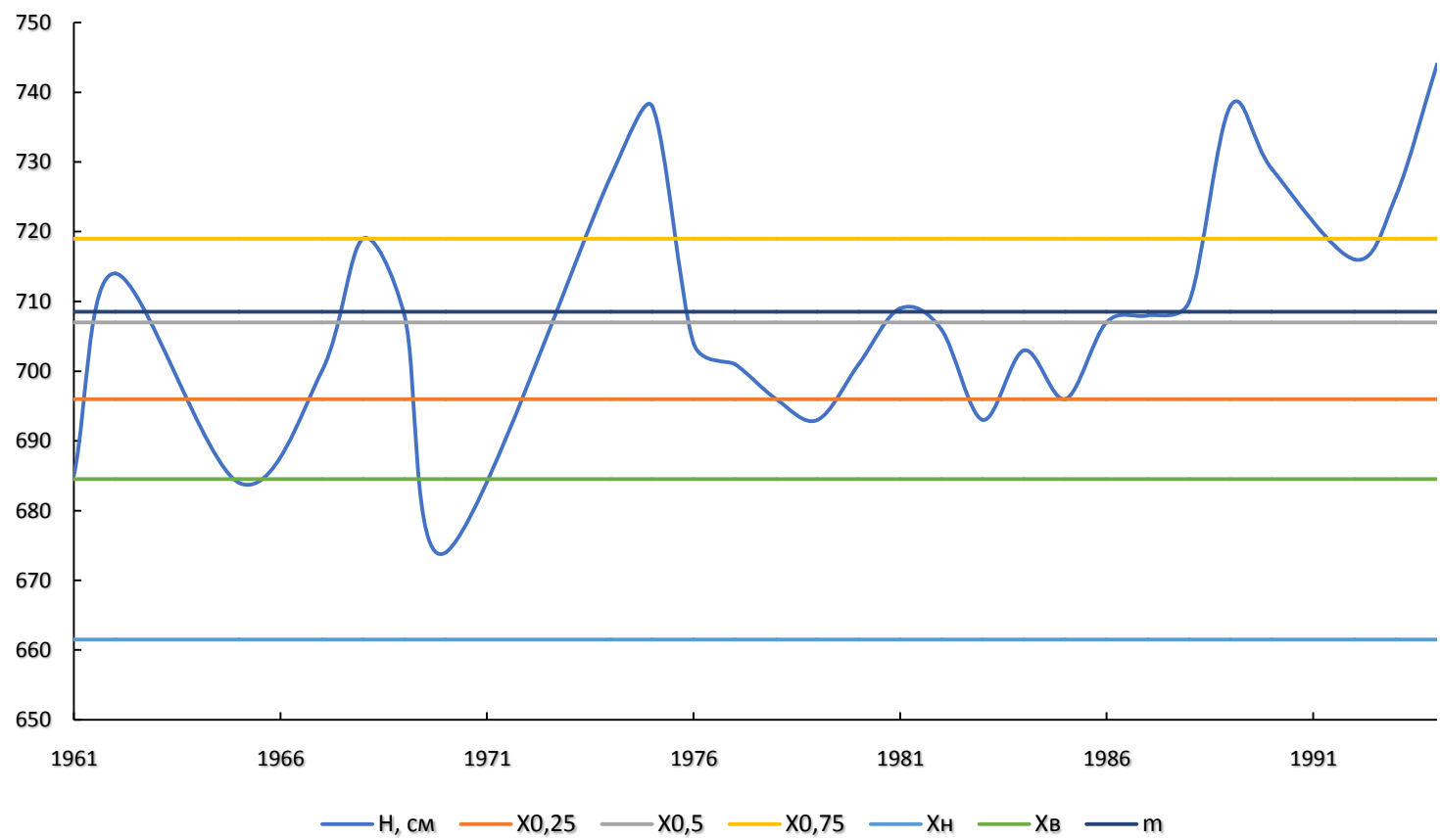


Рисунок 2.1.2 – График среднегодовых уровней воды на оз Хантайское.

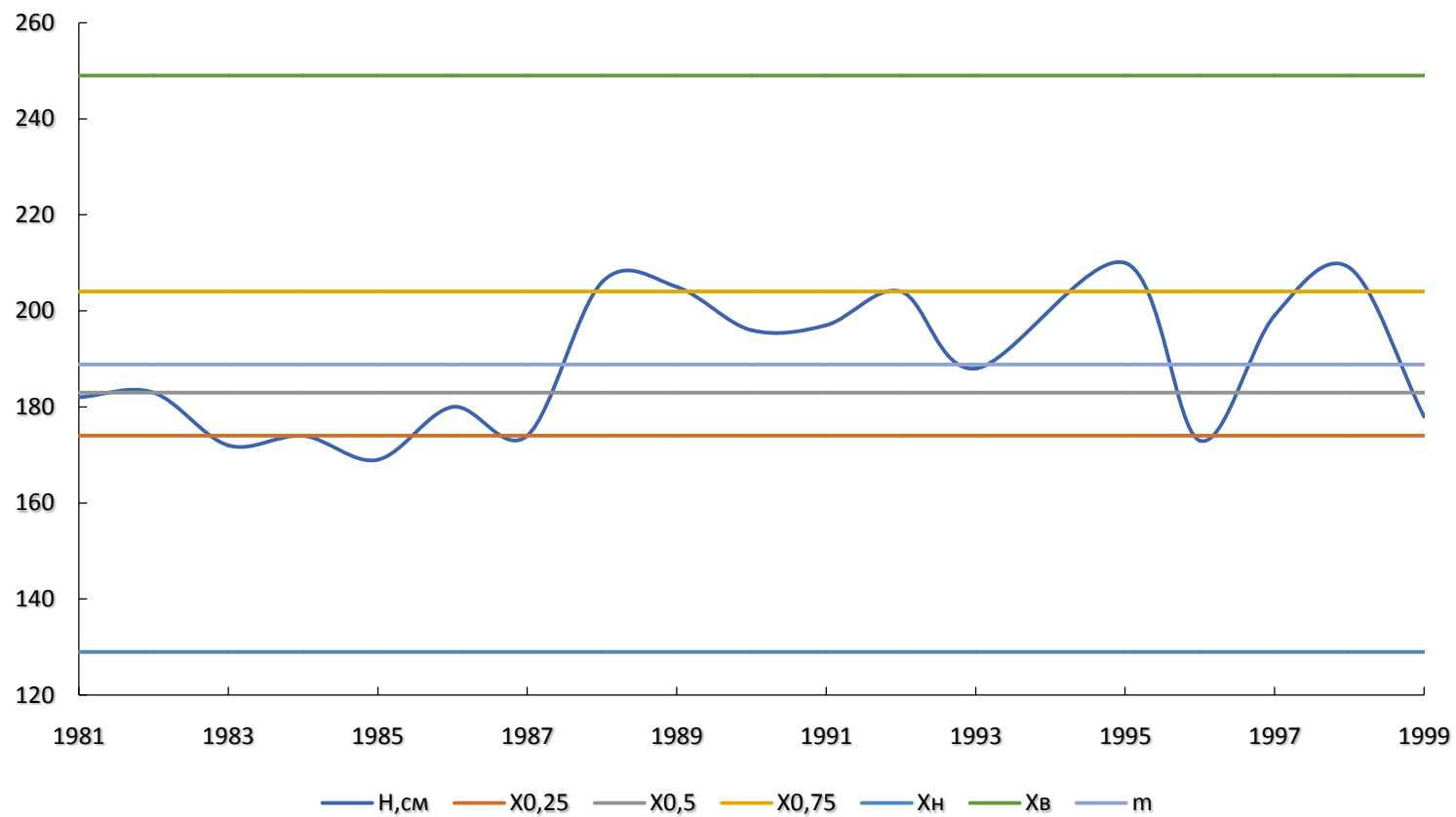


Рисунок 2.1.3 – График среднегодовых уровней воды на оз. Лама.

Таблица 2.1.3 - Сведения о маловодных и многоводных годах.

Уровни				
Название объекта	Многоводные годы	Маловодные годы	Экстремально многоводные	Экстремально маловодные
Хантайское озеро	1968,1974-1975, 1981, 1987-1993	1961, 1965-1966, 1978-1979, 1983, 1985	1994	1970
Озеро Таймыр	1968, 1974, 1981, 1989-1990	1960, 1966, 1976-1979, 1985		
Озеро Лама	1988-1989, 1995,1998	1983, 1985		

По таблице прослеживается согласованность периодов многоводных и маловодных лет озер, расположенных в Западном секторе плато Путорана.

Одна из важных процедур анализа временных рядов-фильтрация, которая проводится с целью выделения тенденции или трендов на повышение или понижение значений. Она бывает низкочастотной и высокочастотной, полосовой и режекторной.

Низкочастотная фильтрация – это такое преобразование процесса, при котором исключаются высокочастотные составляющие, например, выделение тренда. При высокочастотной фильтрации погашаются низкочастотные составляющие (примером такой фильтрации может служить исключение годового хода в ряду ежесуточных наблюдений), при полосовой-выделяется некая полоса частот, например, выделение

синоптической изменчивости в ряду, где есть годовой ход и внутрисуточные колебания. Режекторная (заграждающая) фильтрация решает задачу, обратную полосовой. [7]

Фильтром Баттерворта выделяются периоды локальной нестационарности, где наблюдаются тенденции на уменьшение и увеличение относительно среднего.

Достоинства фильтров Баттерворта – максимальная для данного порядка гладкость амплитудно–частотной характеристики, близость амплитудно–частотной характеристики к идеальной. [7]

Для выделения колебаний использовались низкочастотный и высокочастотный фильтры Баттерворта с частотой среза $\omega=0,57$ рад/год, 1.25 рад/год. Также были рассчитаны спектры исходных рядов, а также рядов с фильтрацией Баттерворта.

Оз.Лама

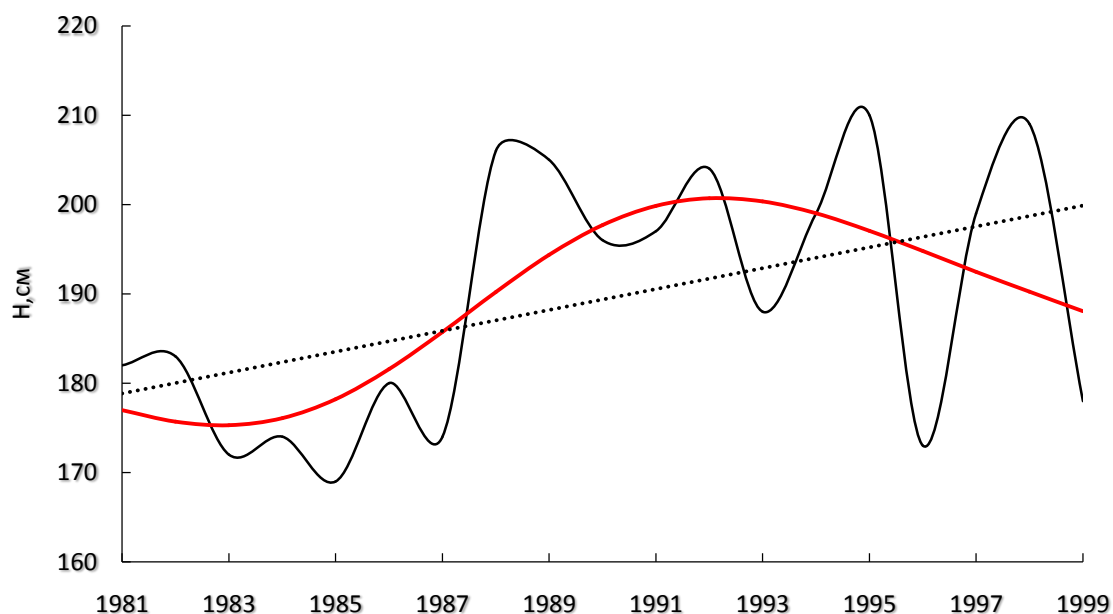


Рисунок 2.1.4 – Реализация среднегодовых уровней воды на озере Лама.

Для озера Лама характерен тренд на повышение в уровнях рядах. На фоне преобладают низкочастотные колебания, которые состоят из суммы разночастотных колебаний: с частотой 9,15 лет. Для их выделения

воспользовались низкочастотной и высокочастотной фильтрацией Баттерворта.

Для выделения квази 15-летнего колебания, график которого приведен на рисунке 2.1.5, а оценка спектральной плотности на рисунке 2.1.6, использовался низкочастотный фильтр Баттерворта с частотой среза $\omega=0,57$ рад/год.

Для выделения квази 8-9-летнего колебания использовалась низкочастотная фильтрация с частотой среза $\omega=1,25$ рад/год, график которого изображен на рисунке 2.1.9, а оценка его спектральной плотности на рисунке 2.1.10.

Для выделения квази 3-4-летнего колебания использовалась высокочастотная фильтрация с частотой среза $\omega=0,57$ рад/год, график которого изображен на рисунке 2.1.11, а оценка его спектральной плотности на рисунке 2.1.12.

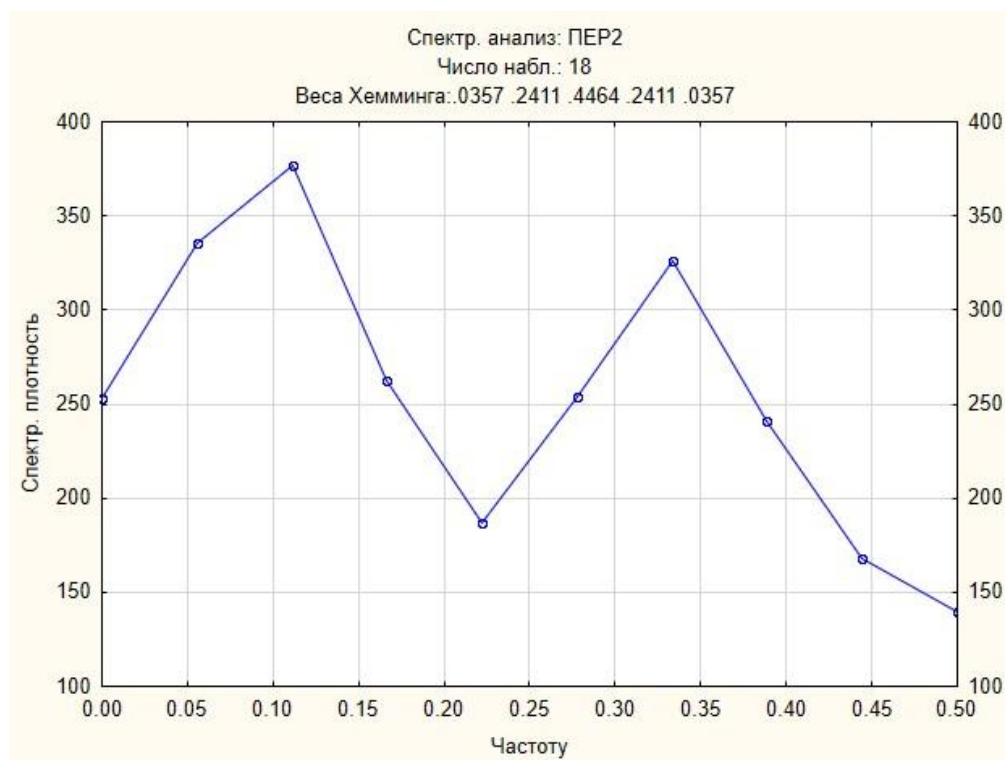


Рисунок 2.1.5 - Оценка спектральной плотности среднегодовых уровней озера Лама.

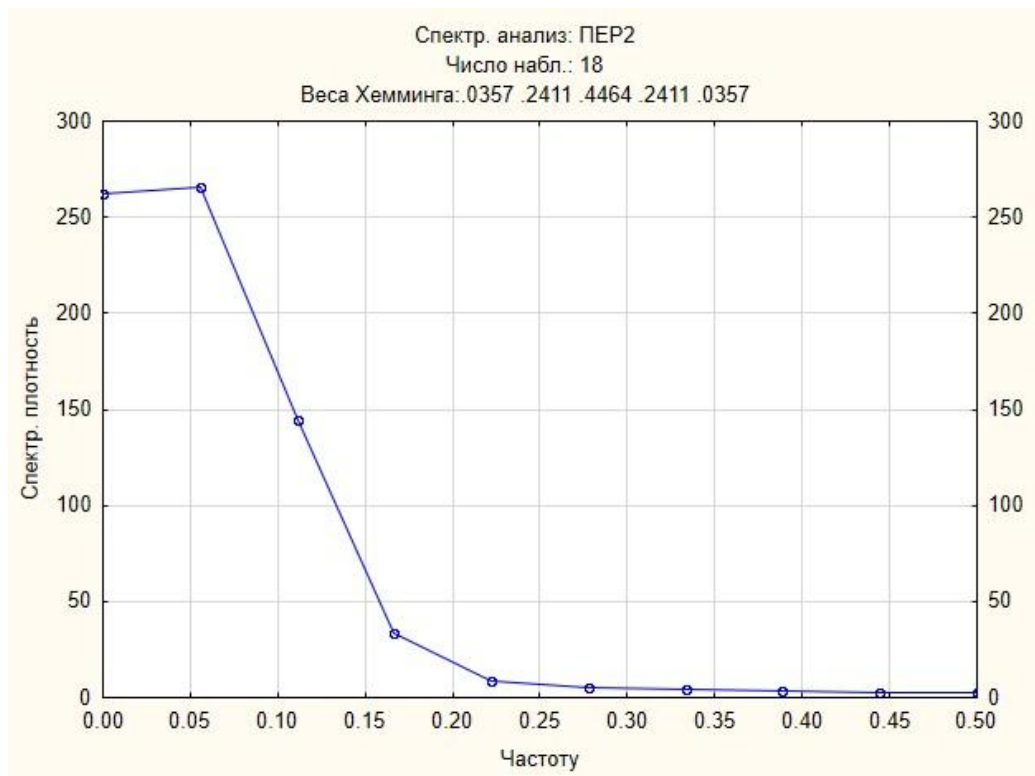


Рисунок 2.1.6 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых уровней озера Лама $\omega=0,57$ рад/год.

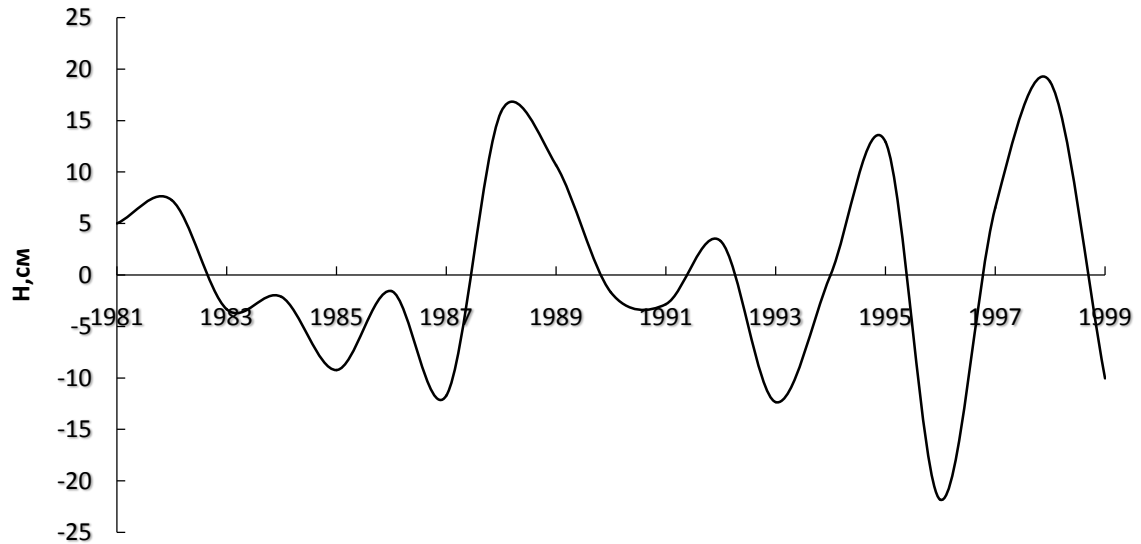


Рисунок 2.1.7 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Лама $\omega=0,57$ рад/год.

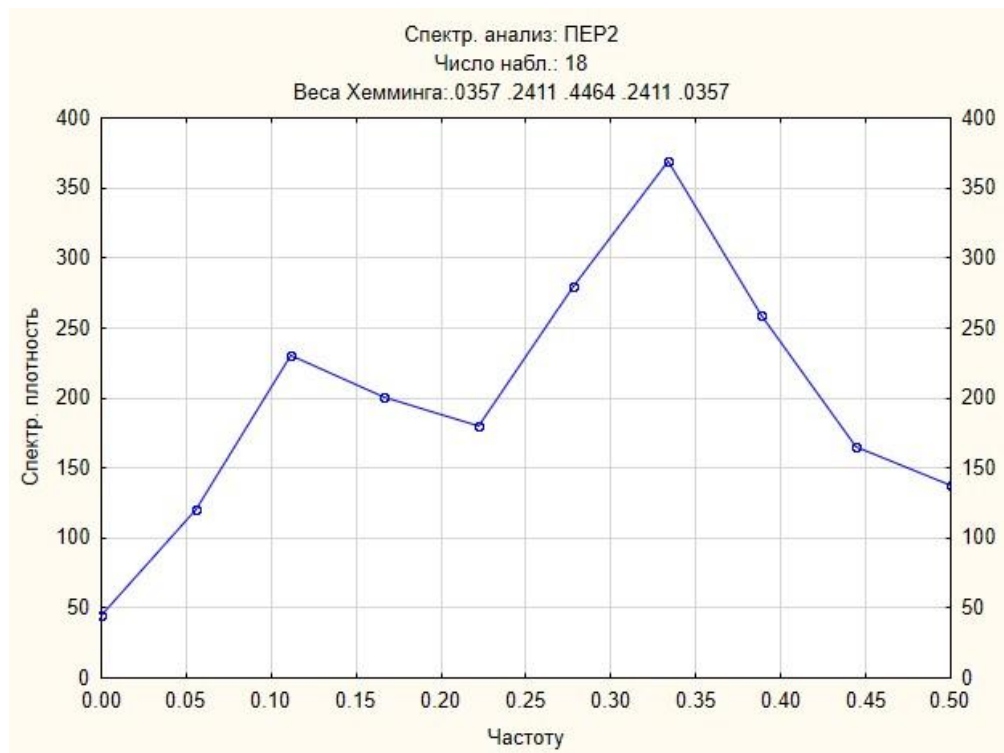


Рисунок 2.1.8 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых уровней озера Лама $\omega=0,57$ рад/год.

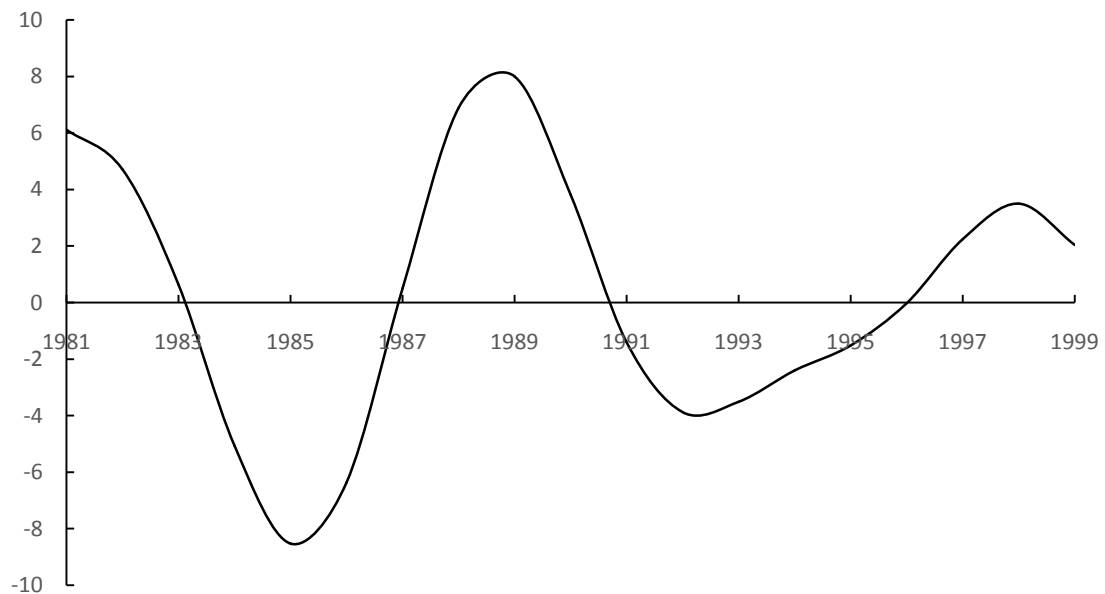


Рисунок 2.1.9 - Низкочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Лама $\omega=1.25$ рад/год.

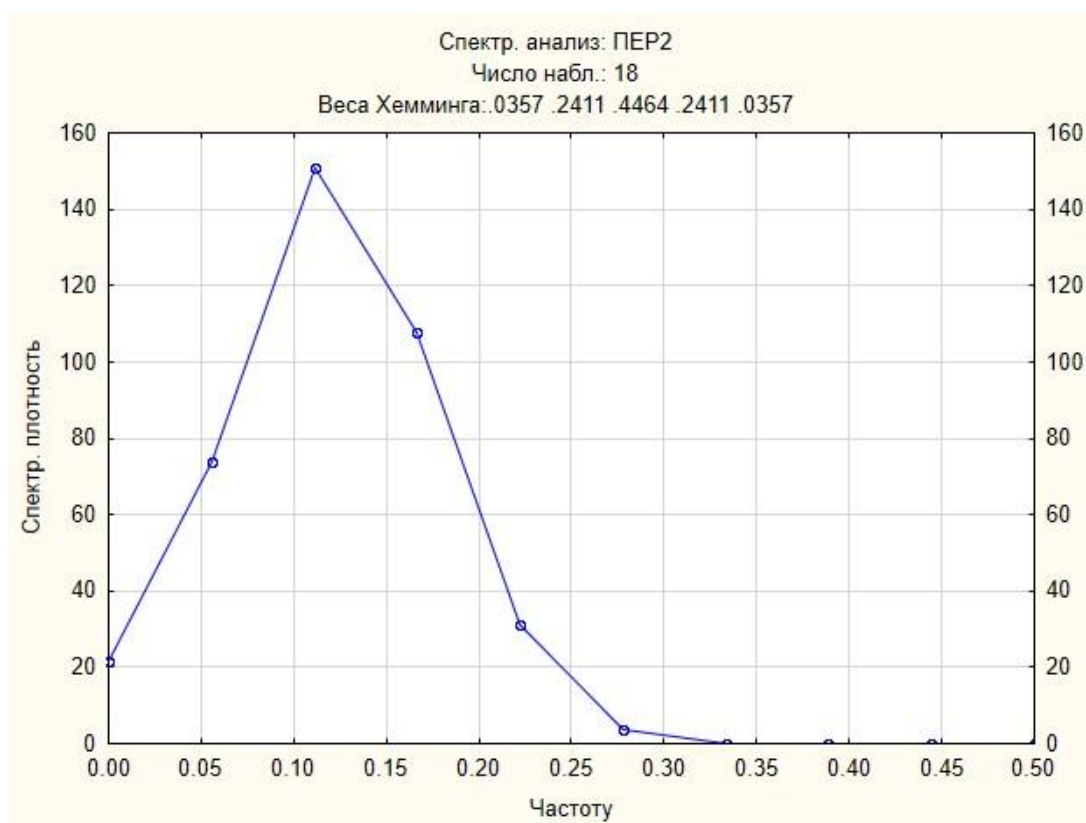


Рисунок 2.1.10 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых уровней озера Лама $\omega=1.25$ рад/год.

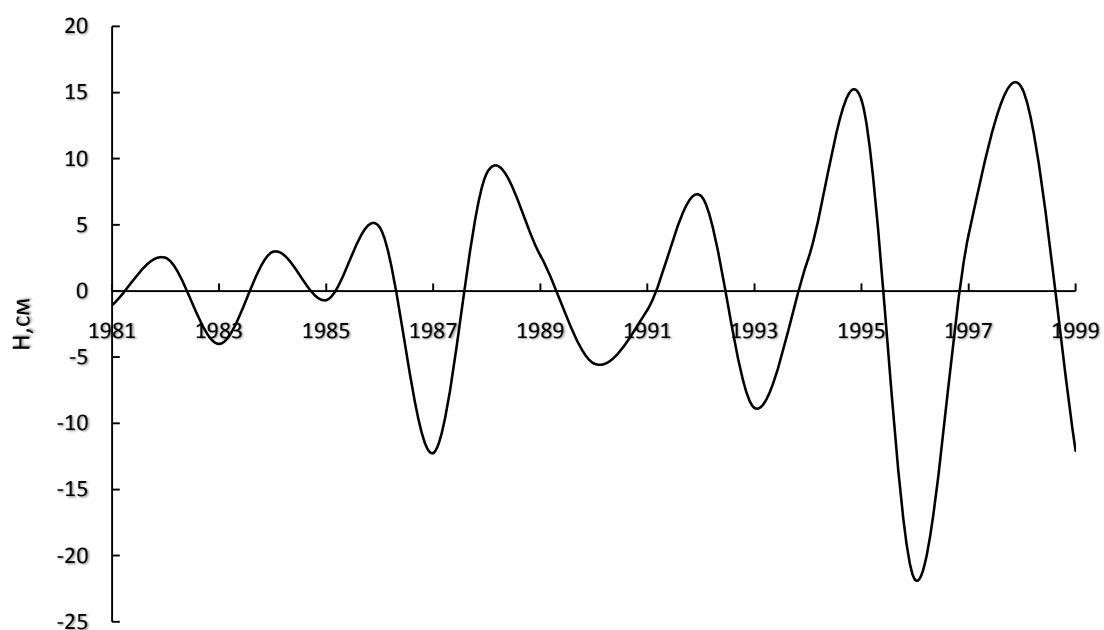


Рисунок 2.1.11 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Лама $\omega=1.25$ рад/год.

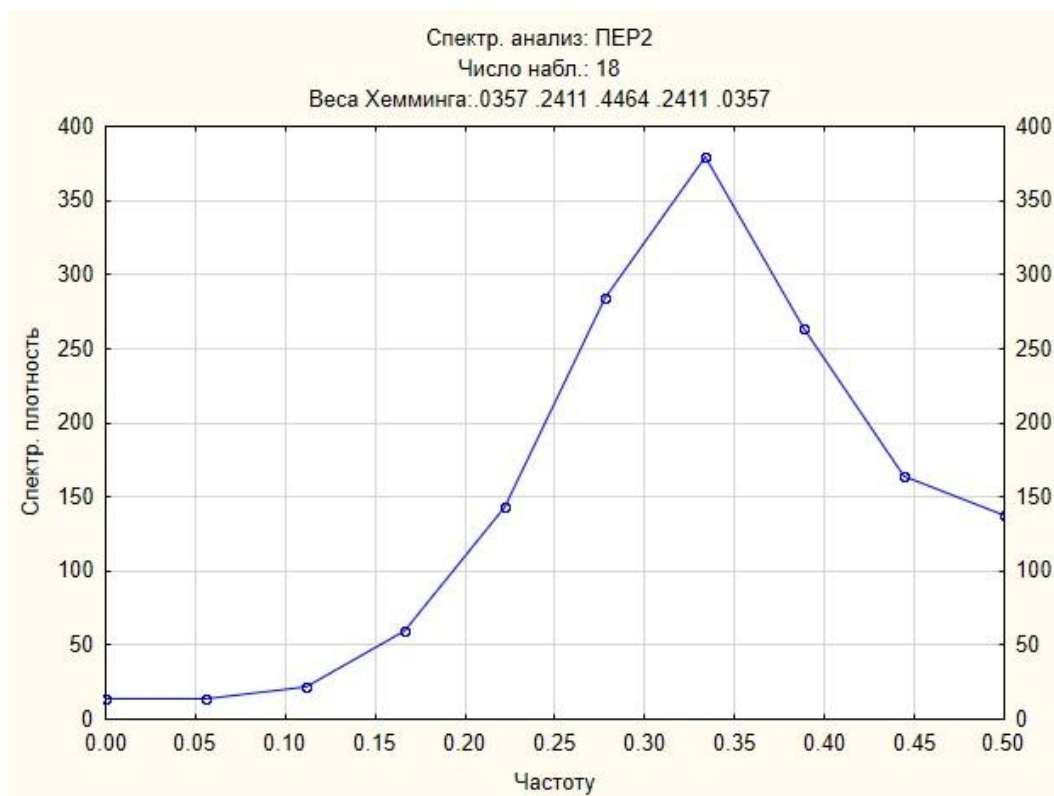


Рисунок 2.1.12 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых уровней озера Лама $\omega=1.25$ рад/год.

Оз.Таймыр

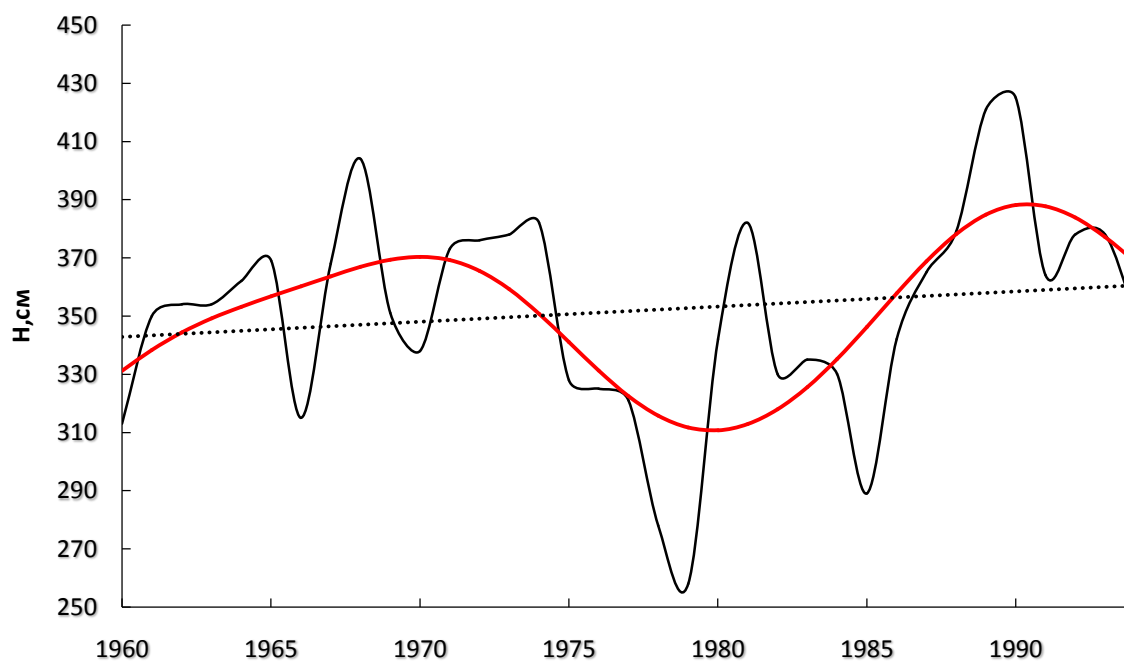


Рисунок 2.1.13 – Реализация среднегодовых уровней воды на озере Таймыр.

Для озера Таймыр также характерен тренд на повышение в уровнях, однако он не так сильно выражен по сравнению с озером Лама. На фоне преобладают низкочастотные колебания, которые состоят из суммы разночастотных колебаний: с частотой 4-5,8,30 лет. Для их выделения воспользуемся низкочастотной и высокочастотной фильтрацией Баттерворта.

Для выделения квази 30 - летнего колебания, график которого приведен на рисунке 2.1.14, а оценка спектральной плотности на рисунке 2.1.15 использовался низкочастотный фильтр Баттерворта с частотой среза $\omega=0.57$ рад/год.

Для выделения квази 4-5-летнего колебания использовалась высокочастотная фильтрация с частотой среза $\omega=0.57$ рад/год, график которого изображен на рисунке 2.2.13, а оценка его спектральной плотности на рисунке 2.2.14

Для выделения квази 8-летнего колебания использовалась низкочастотная фильтрация с частотой среза $\omega=1.25$ рад/год, график которого изображен на рисунке 2.1.18, а оценка его спектральной плотности на рисунке 2.1.19.

Для выделения квази 4-5-летнего колебания использовалась высокочастотная фильтрация с частотой среза $\omega=1.25$ рад/год, график которого изображен на рисунке 2.1.20, а оценка его спектральной плотности на рисунке 2.1.21.

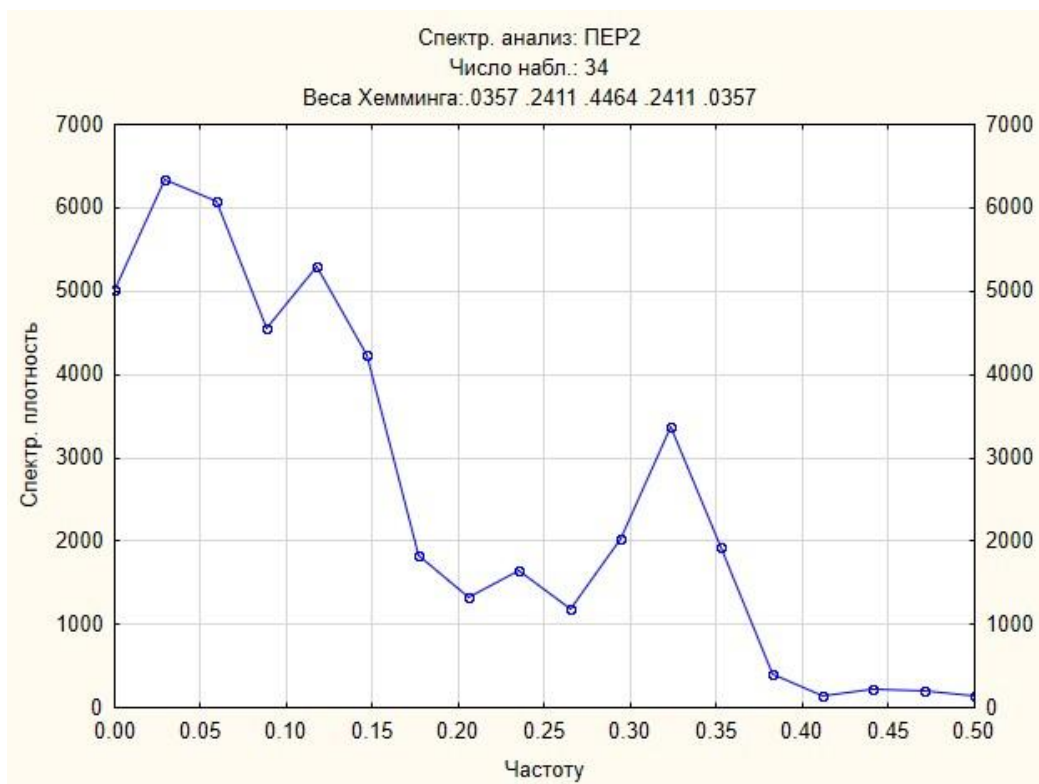


Рисунок 2.1.14 - Оценка спектральной плотности среднегодовых уровней озера Таймыр.

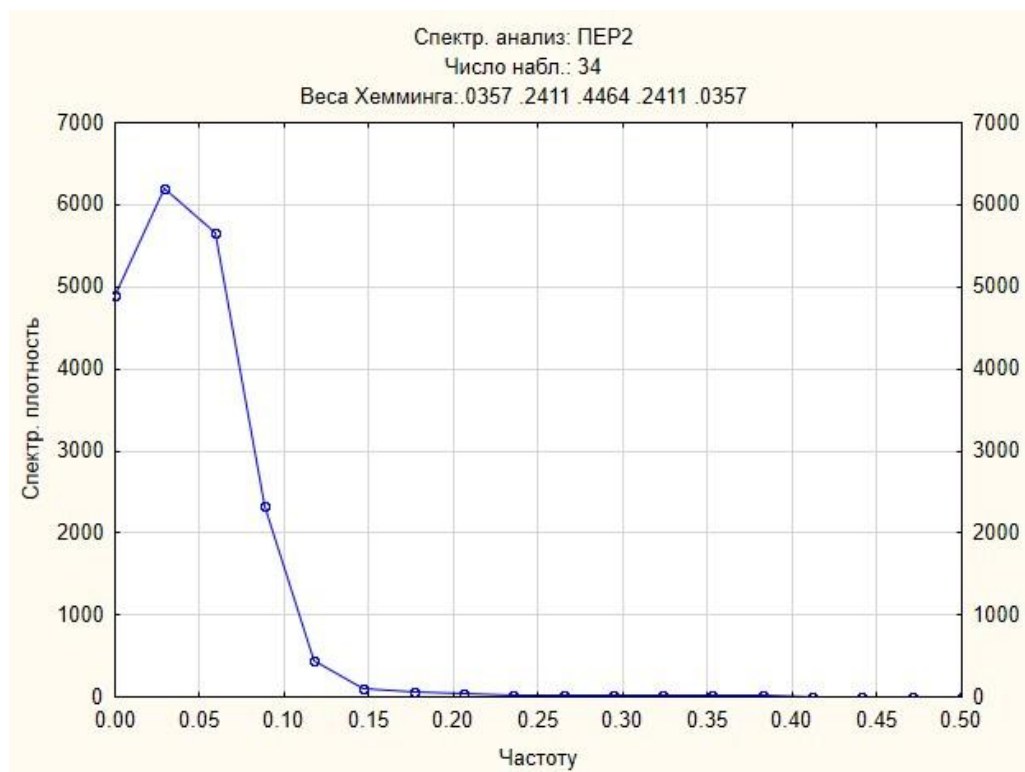


Рисунок 2.1.15 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Таймыр $\omega=0,57$ рад/год.

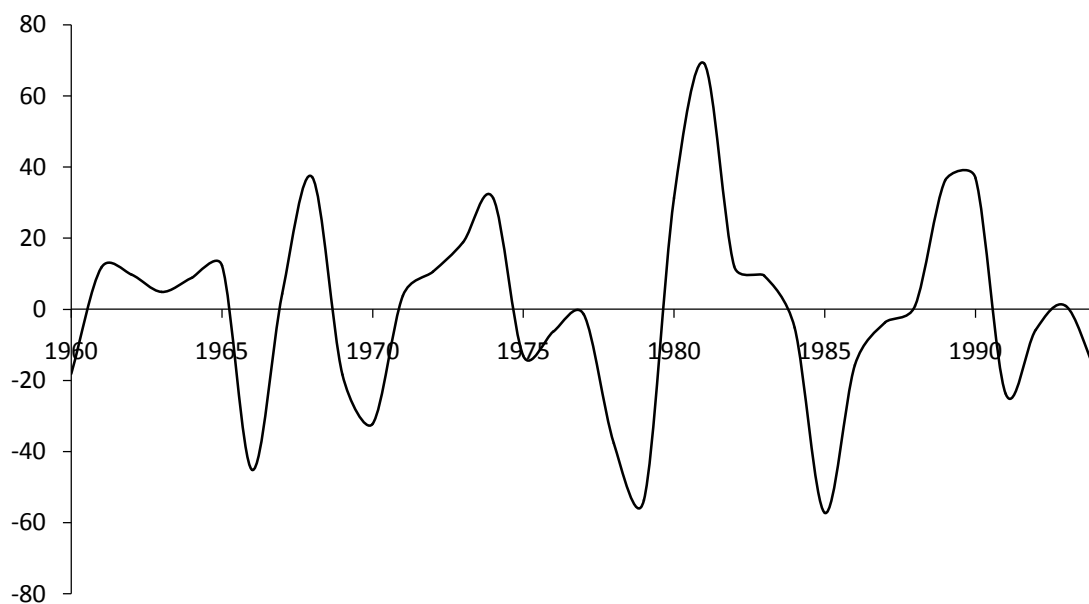


Рисунок 2.1.16 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Таймыр $\omega=0,57$ рад/год.

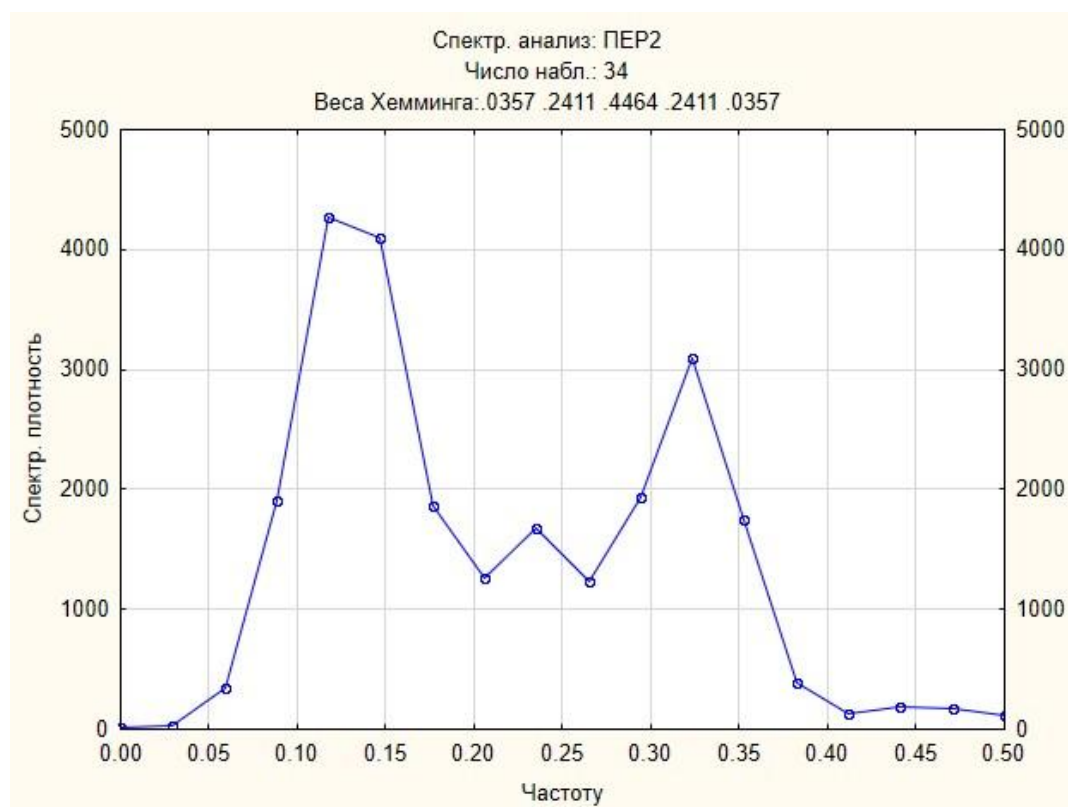


Рисунок 2.1.17 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых уровней озера Таймыр $\omega=0,57$ рад/год.

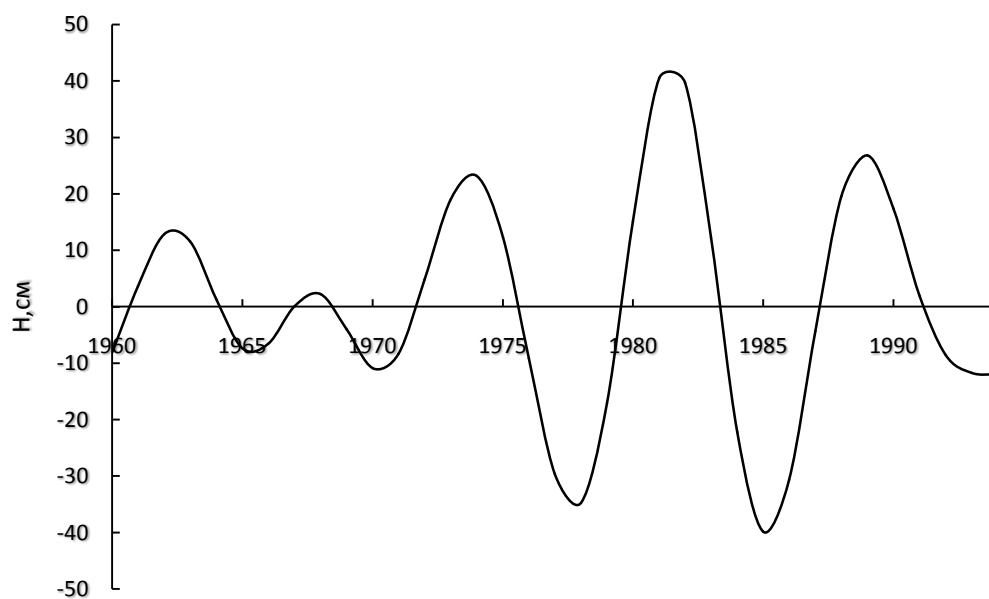


Рисунок 2.1.18 - Низкочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Таймыр $\omega=1.25$ рад/год.

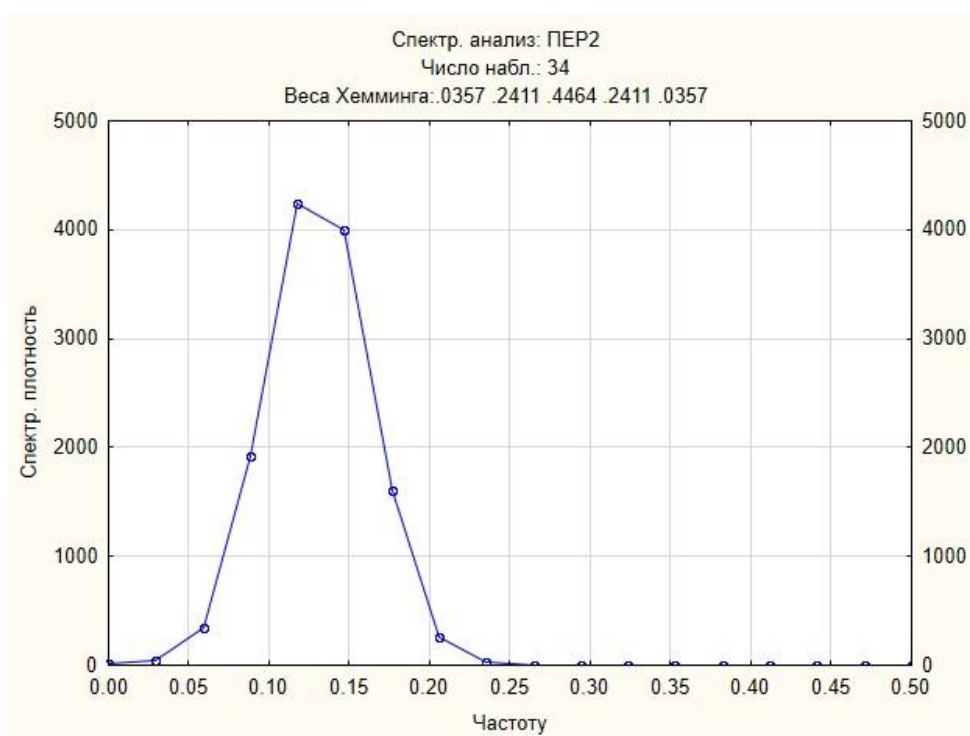


Рисунок 2.1.19 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых уровней озера Таймыр $\omega=1.25$ рад/год.

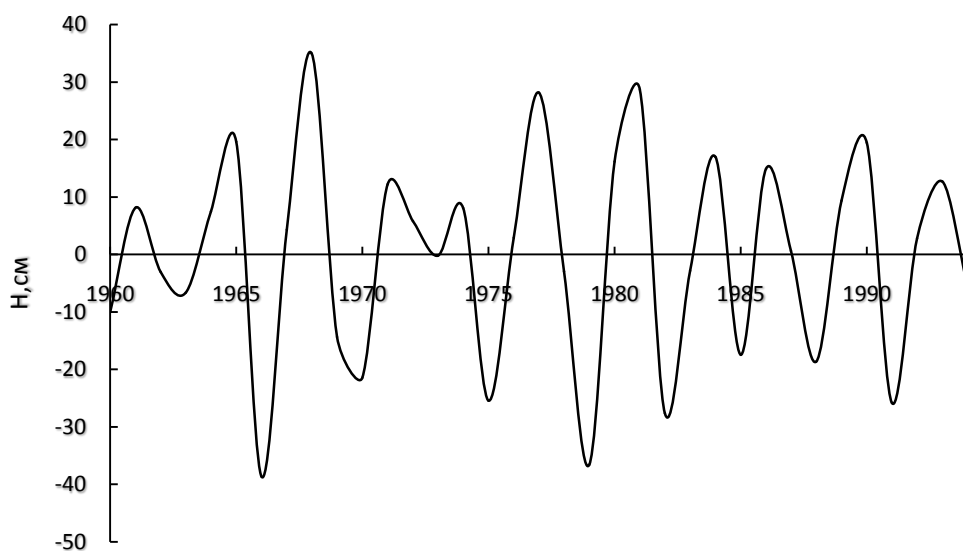


Рисунок 2.1.20 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Таймыр $\omega=1.25$ рад/год.

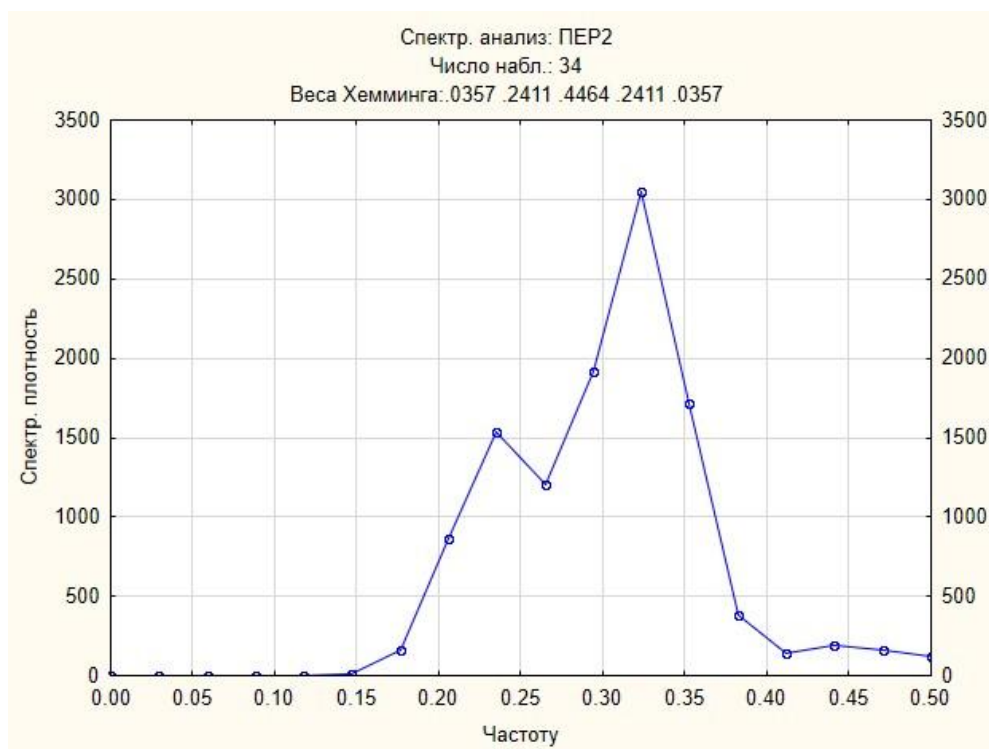


Рисунок 2.1.21 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых уровней озера Таймыр $\omega=1.25$ рад/год.

Оз.Хантайское

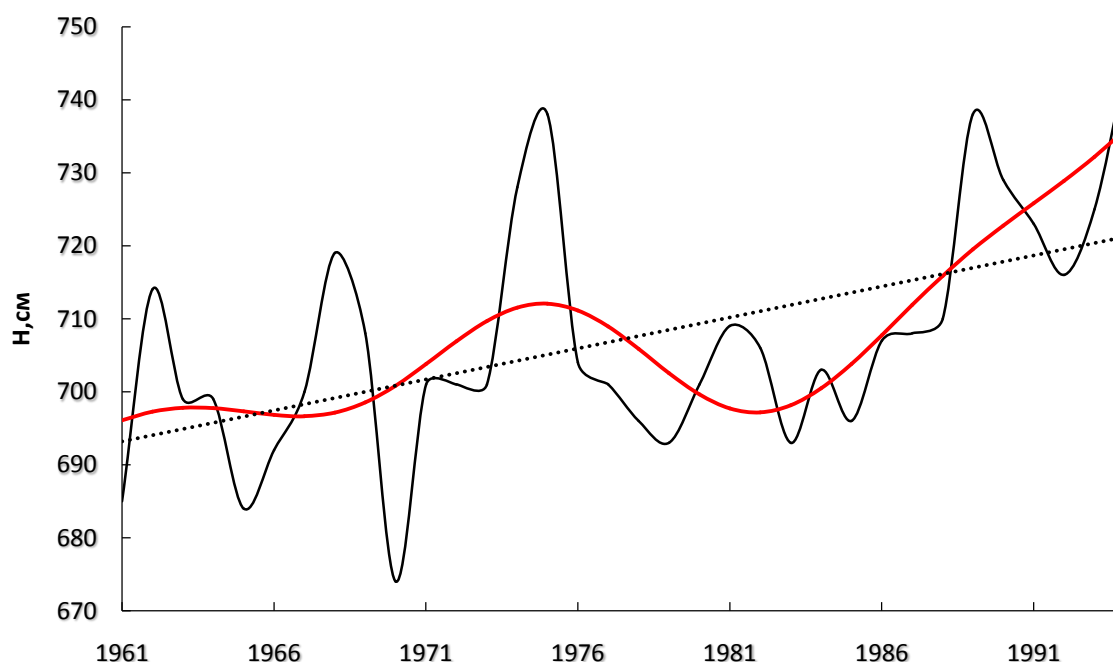


Рисунок 2.1.22 – Реализация среднегодовых уровней воды на озере Хантайское.

Тренд на повышение в уровневых рядах наблюдается и у озера Хантайское. На фоне преобладают низкочастотные колебания, которые состоят из суммы разночастотных колебаний: с частотой 2-3,7,14 лет. Для их выделения используют низкочастотной и высокочастотной фильтрацией Баттерворта.

Для выделения квази 14-летнего колебания, график которого приведен на рисунке 2.1.22, а оценка спектральной плотности на рисунке 2.1.24, использовался низкочастотный фильтр Баттерворта с частотой среза $\omega=0.57$ рад/год.

Для выделения квази 7-летнего колебания, график которого приведен на рисунке 2.1.27, а оценка спектральной плотности на рисунке 2.1.28, использовался низкочастотный фильтр Баттерворта с частотой среза $\omega=1.25$ рад/год.

Для выделения квази 2-3-летнего колебания использовалась высокочастотная фильтрация с частотой среза $\omega=1.25$ рад/год, график которого изображен на рисунке 2.1.29, а оценка его спектральной плотности на рисунке 2.1.30.

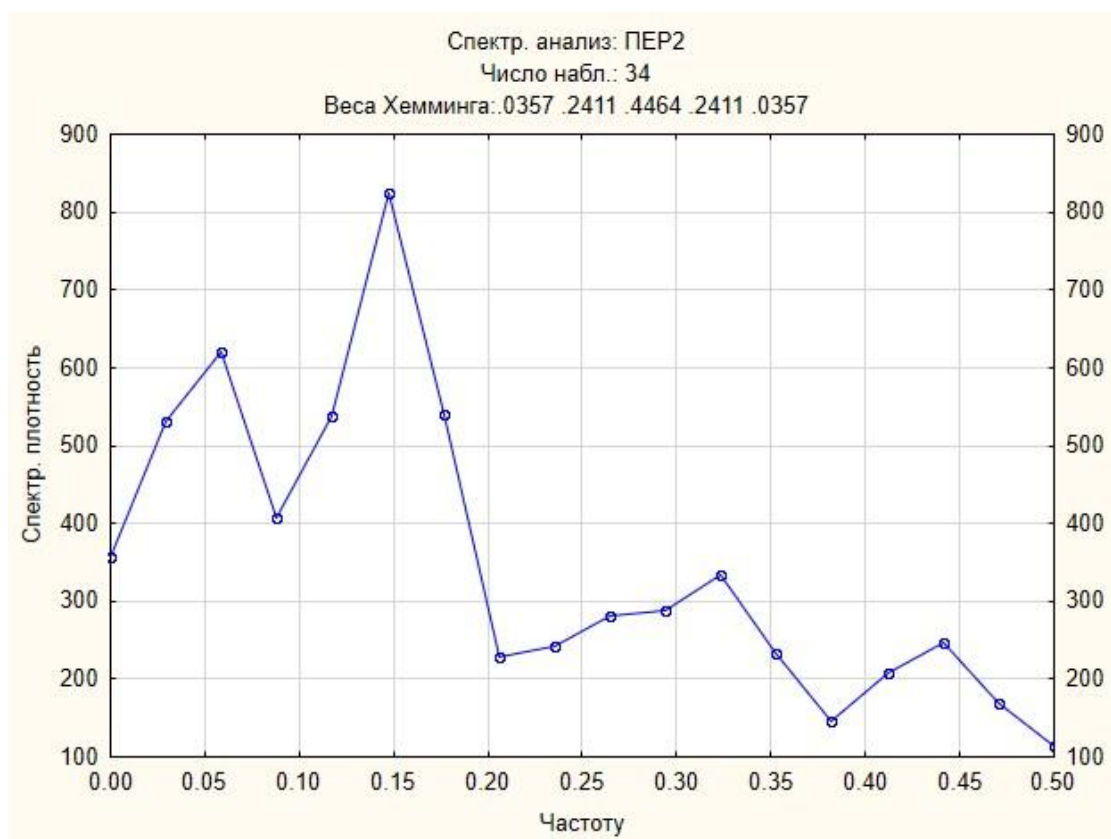


Рисунок 2.1.23 - Оценка спектральной плотности среднегодовых уровней озера Хантайское.

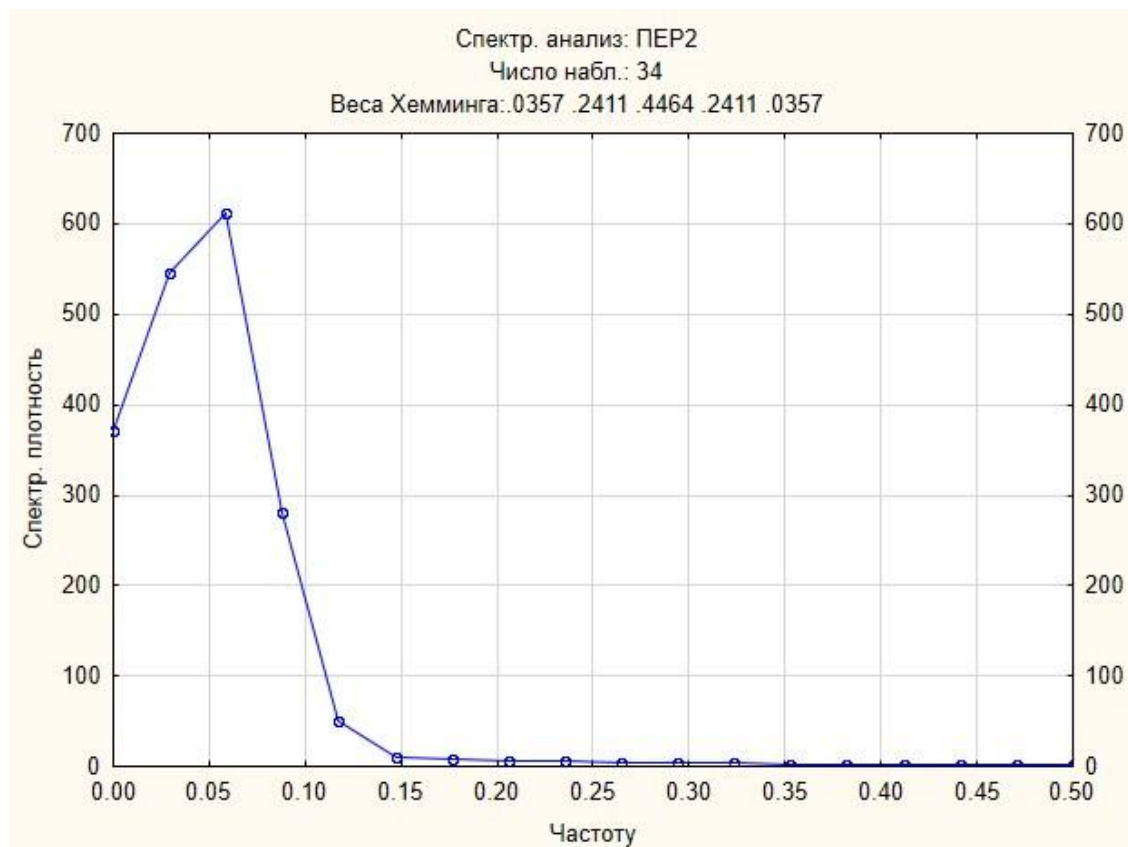


Рисунок 2.1.24 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Хантайское $\omega=0,57$ рад/год.

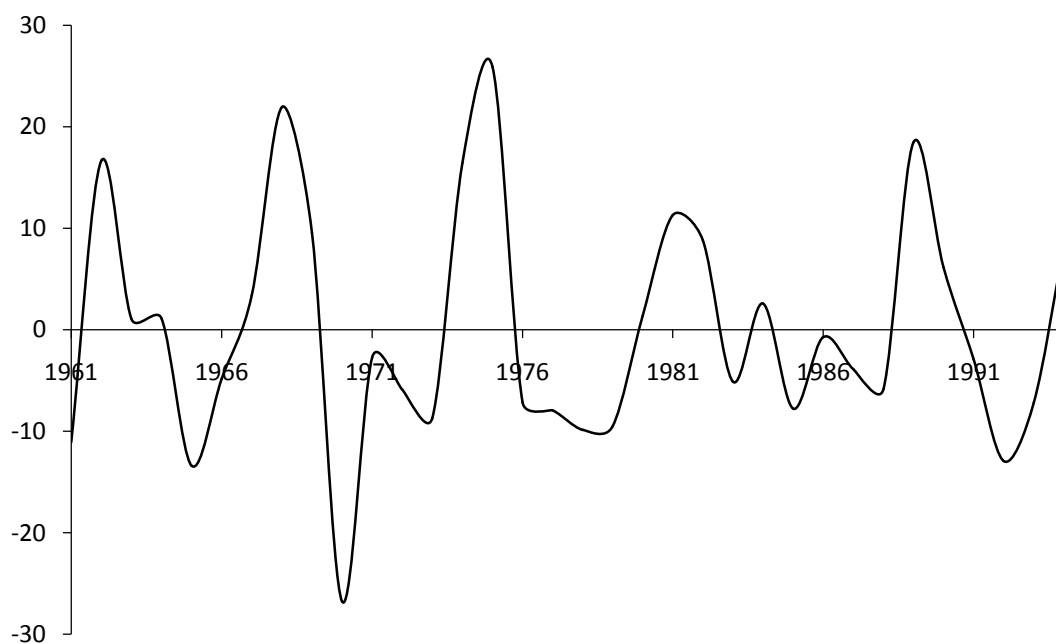


Рисунок 2.1.25 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Хантайское $\omega=0,57$ рад/год.

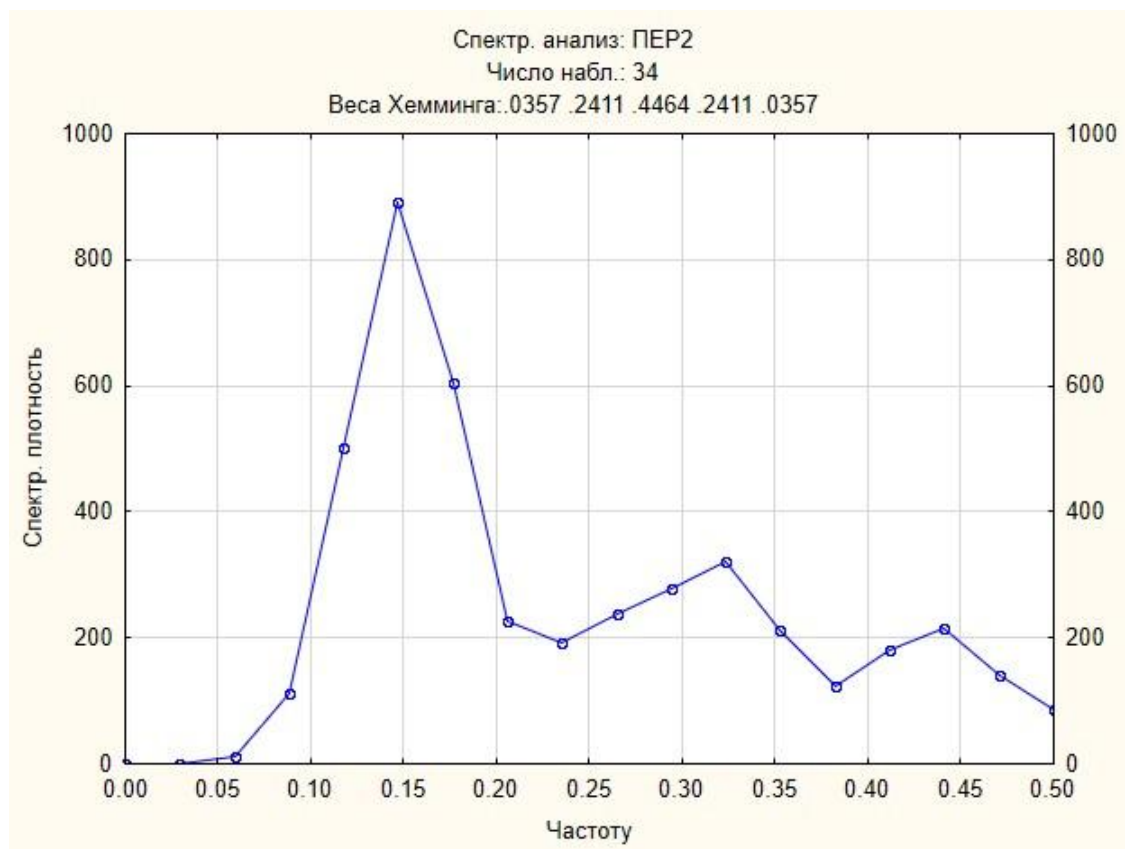


Рисунок 2.1.26 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Хантайское $\omega=0,57$ рад/год.

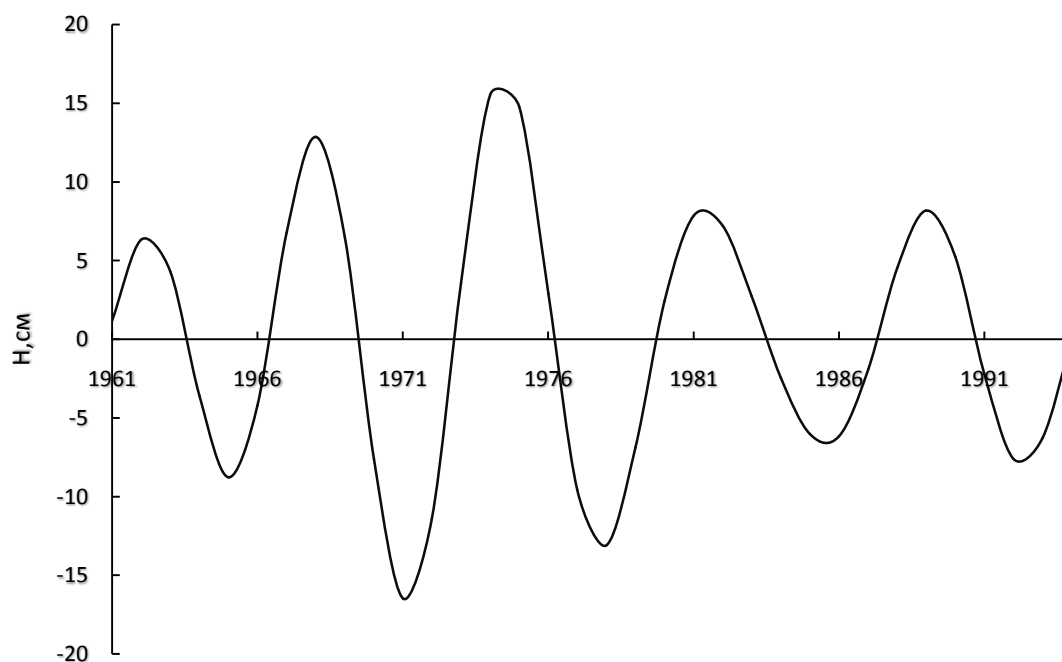


Рисунок 2.1.27 - Низкочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Хантайское $\omega=1.25$ рад/год.

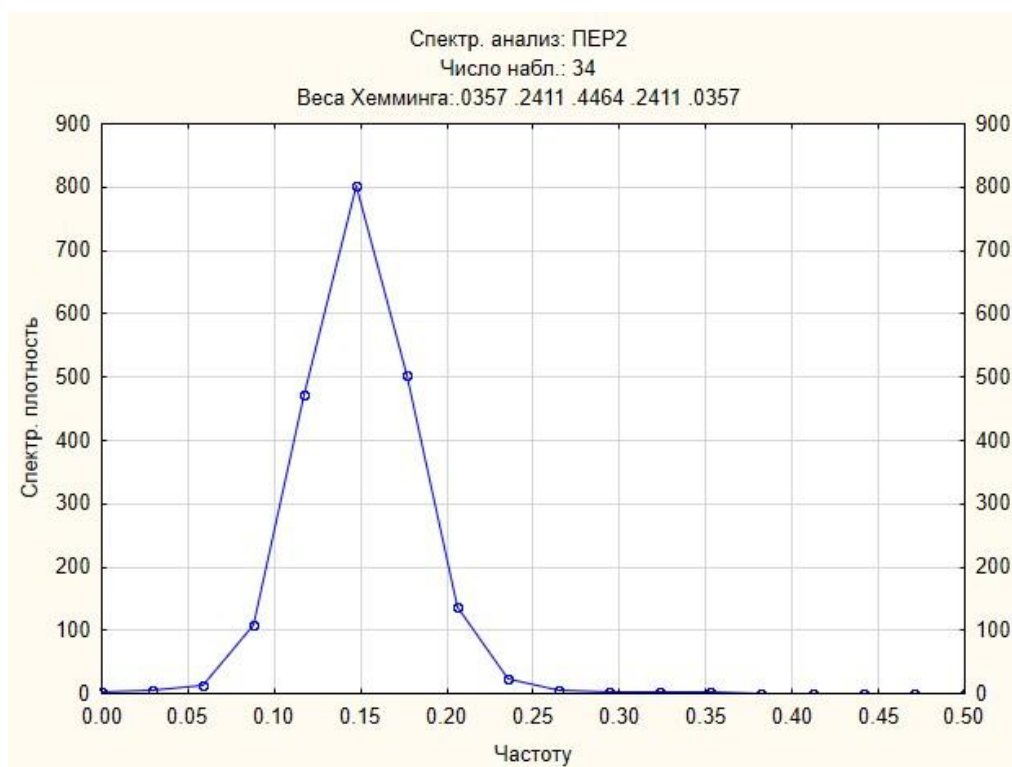


Рисунок 2.1.28 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых уровней озера Хантайское $\omega=1.25$ рад/год.

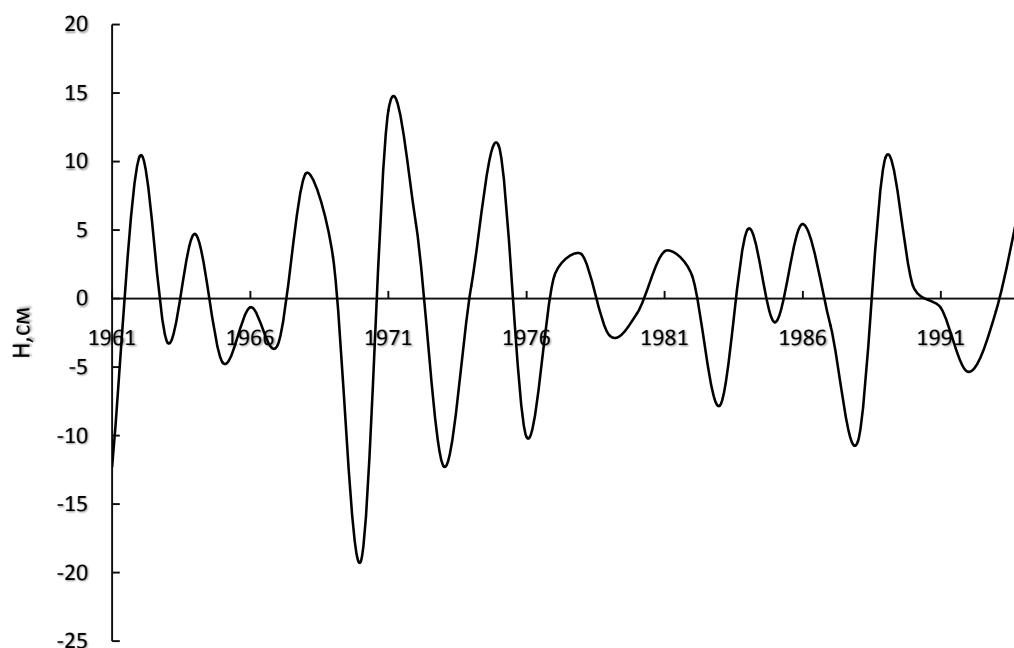


Рисунок 2.1.29 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых уровней озера Хантайское $\omega=1.25$ рад/год.

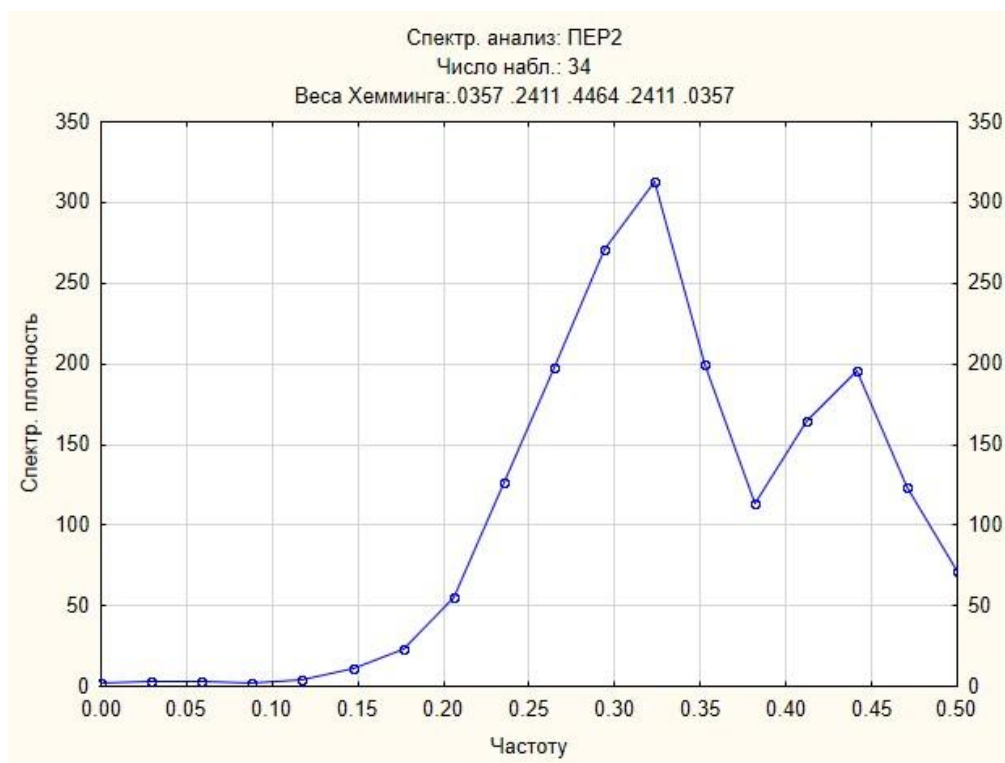


Рисунок 2.1.30 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых уровней озера Хантайское $\omega=1.25$ рад/год.

Таким образом последовательное применение низкочастотной и высокочастотной фильтрации Баттерворта позволило выявить периоды многолетней изменчивости.

Во всех озерах отмечается тренд на повышение в уровневых рядах. Вследствие близкого взаиморасположения озер график уровней озера Хантайского хорошо коррелирует с озером Лама за совместный период наблюдений. Так, с 1981 года на рассматриваемых озерах наблюдается повышение уровня, которое продолжается до 1993 года.

2.2 Внутригодовые колебания уровней.

Расчет внутригодового распределения уровня представляет собой количественную оценку распределения уровня по сезонам, месяцам, а также по декадам и неделям внутри месяца. Выражается обычно в процентах или долях от годового (при сезонном и месячном распределении) уровня. Это позволяет иметь данные об уровнях в конкретные (календарные) отрезки времени. Таким образом, при расчете внутригодового распределения уровня, необходимо решить две задачи: установить соотношение уровня за разные временные отрезки и его величину за эти периоды.

Для характеристики годового (внутригодового) хода уровня озер традиционно используется годовые гидрографы (хронологические графики изменения расхода со временем), полученные с различной степенью обобщения по данным о срочных или средних (суточных, декадных, месячных) уровнях воды озер. В качестве исходной информации для анализа внутригодового колебания уровня озер в настоящей работе использованы среднемесячные уровни воды оз.Таймыр и оз.Хантайское.

Для анализа внутригодового хода уровня воспользуемся методом теории ПКСП. Характеристики ПКСП описывают так называемую повторяемость «в среднем» свойств гидрометеорологических процессов.

Случайный процесс называется периодически нестационарным, если существует такое положительное число T , при сдвиге на которое характеристики остаются неизменными или инвариантными.

Периодически коррелированный случайный процесс будет периодически нестационарным, в узком смысле, если инвариантны, конечномерные распределения и периодически коррелированный случайный процесс будет периодически нестационарным, в широком смысле, если инвариантны математическое ожидание, дисперсия и корреляционная функция.

Оценки вероятностных характеристик периодически коррелированных случайных процессов рассчитываются по следующим формулам:

$$m^*_{(t)} = \Sigma \xi(t+KT), \quad (2.2.1)$$

где $m^*_{(t)}$ – математическое ожидание;

$$D^*_{(t)} = \Sigma [\xi^0(t+KT)]^2, \quad (2.2.2)$$

где $D^*_{(t)}$ – дисперсии;

Оценка математического ожидания при этом характеризует средний многолетний повторяющийся образ и соответствует понятию норма, принятому в гидрометеорологии. Оценка дисперсии периодически коррелированных случайных процессов характеризует отклонения процесса от среднего многолетнего повторяющегося образа. Оценка коррелированных зависимостей $K(t, \tau)$ характеризует особенности внутригодовой коррелированности при $\tau=1$ месяц, и особенности межгодовой коррелированности при $\tau=1$ год, где τ – это сдвиг при расчете коррелированных зависимостей.

При оценке вероятностных характеристик $m^*(t)$, $D^*(t)$, по реализациям средних месячных уровней производится выборка ежегодных последовательностей для каждого месяца года и рассмотрение этих последовательностей как стационарных и стационарно связанных.

Озеро Таймыр

На рисунке 2.2.1 приведена реализация средних месячных уровней воды за период с 1960 по 1994 гг. Как видно из рисунков, набор основных фаз внутригодового водного режима, время их наступления и роль в жизни реки, а также особенности формирования межгодовой изменчивости стока постоянны внутри исследуемого района. Из года в год на оз. Таймыр повторяются половодье (июнь, июль), а также продолжительная зимняя межень. Максимум половодья приходится в одни годы на июль, в другие на август. Таким образом, можно выделить два периода водного режима: теплый, продолжающийся с июня по октябрь включительно, и холодный - с ноября по май. От года к году меняется интенсивность половодий и паводков, а также незначительно уровень меженного стока.

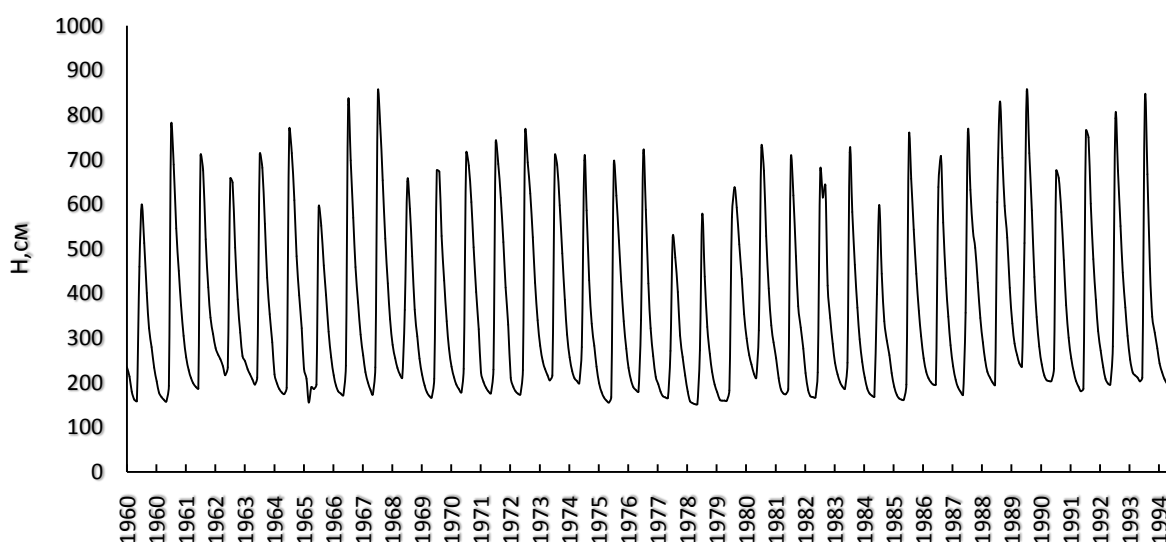


Рисунок 2.2.1 – Ход внутригодового колебания уровня оз. Таймыр с 1960-1994 гг.

Графики оценок вероятностных характеристик ПКСП (математического ожидания $m(t)$, дисперсии $D(t)$, корреляционных зависимостей внутригодовой $K(t, \tau)$ при $\tau=1$ месяц и межгодовой при $\tau=1$ год изменчивости) анализируемого оз. Таймыр приведены на рисунках 2.2.2-2.2.4. Они дают количественные оценки тех особенностей

внутригодового хода и межгодовой изменчивости речного стока, которые были отмечены при анализе исходных данных.

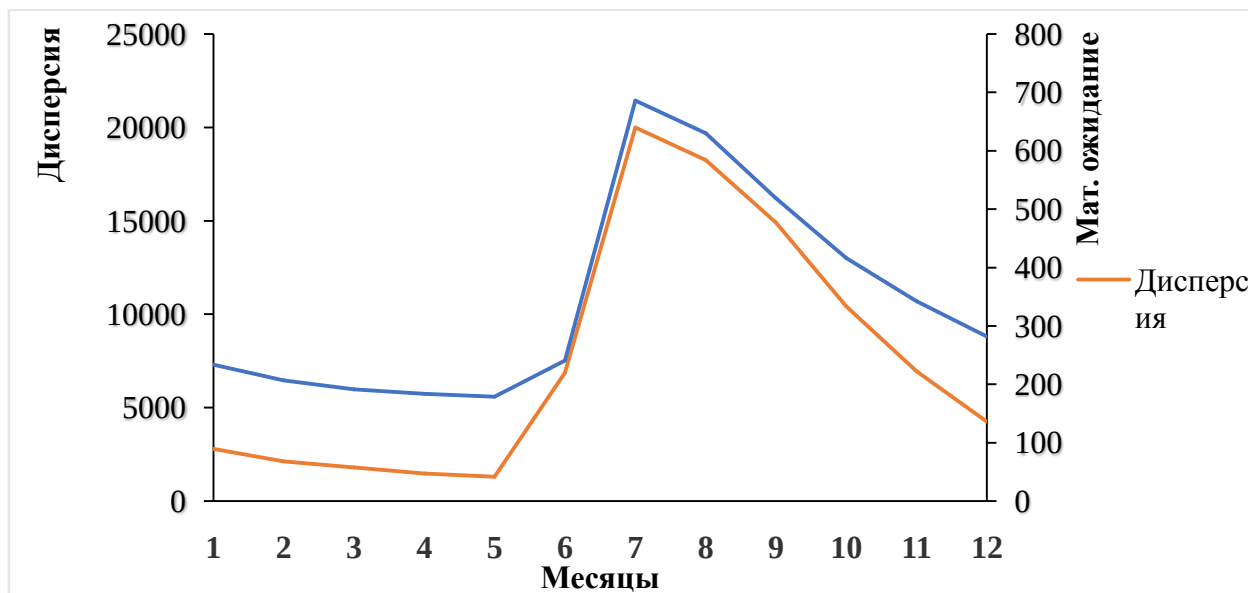


Рисунок 2.2.2 - Графики оценок математического ожидания и дисперсии.

Так, графики оценок математического ожидания $m(t)$ и дисперсии $D(t)$ практически повторяют друг друга, имеют вид кривых с явно выраженным межнным периодом и резким пиком половодья, приходящимся на июль, август. После этого происходит медленное равномерное падение уровня, без явно выраженных дождевых паводков, которое продолжается до декабря, после этого наступает зимняя межень (ноябрь, май). Расчет вероятностных характеристик внутригодовой изменчивости речного стока для каждого месяца года для построения графиков приведены в Приложении В.

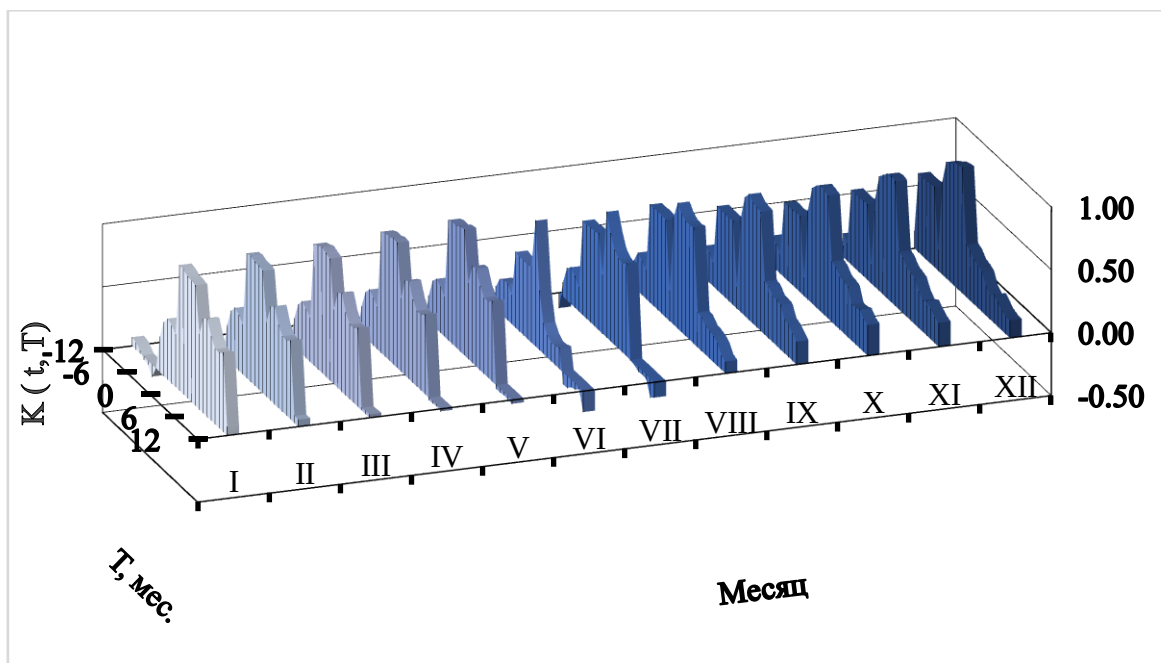


Рисунок 2.2.3 -График оценок корреляционной зависимости внутригодовой изменчивости уровня оз. Таймыр.

Для озера Таймыр характерны незатухающие корреляционные зависимости внутри года. Коэффициенты корреляции значимы не для всех месяцев года. Это связано с наличием низкочастотного тренда, на фоне которого наблюдаются внутригодовые колебания уровней, что наглядно видно на рисунке 2.2.1.

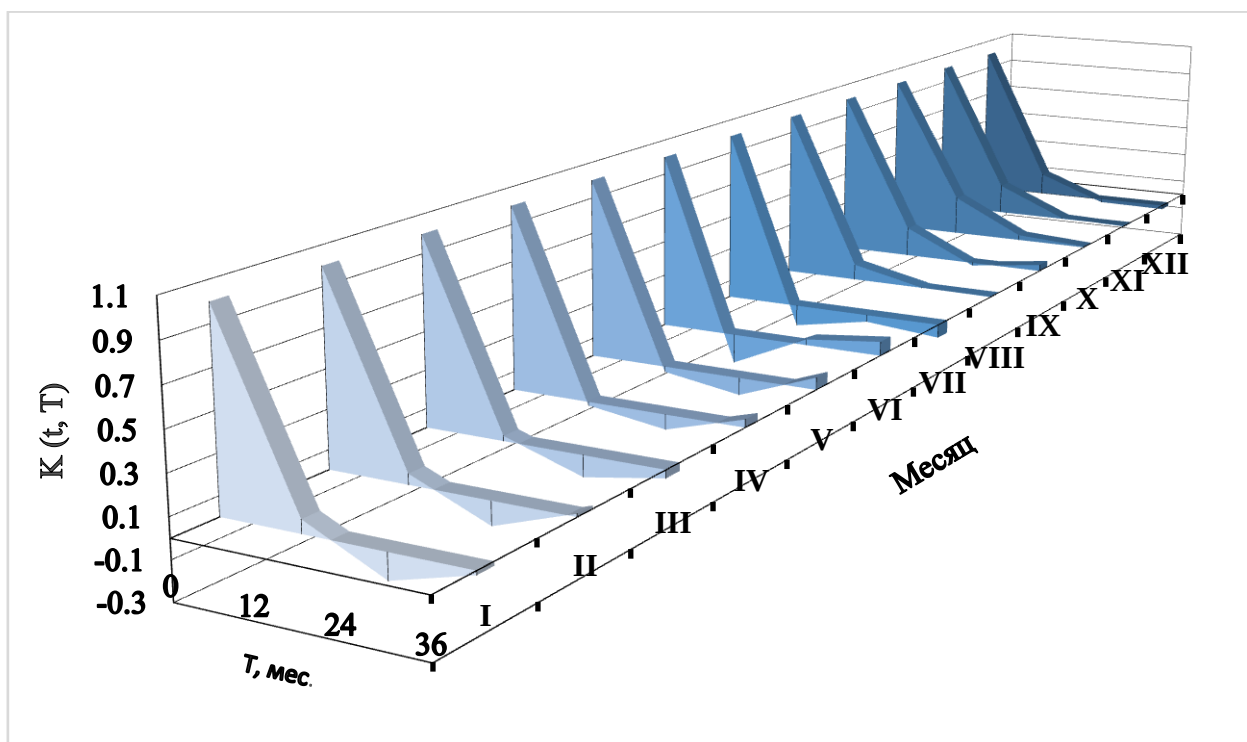


Рисунок 2.2.4 - График оценок корреляционной зависимости межгодовой изменчивости уровней оз. Таймыр.

Озеро Хантайское

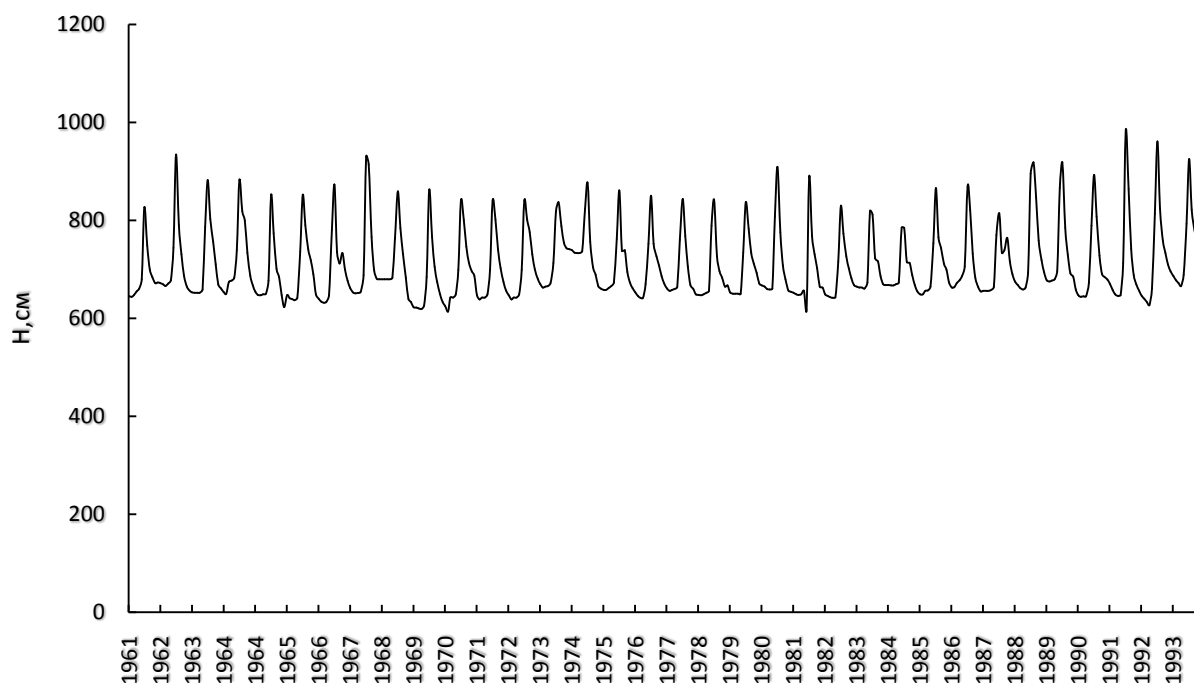


Рисунок 2.2.9 – Ход внутригодового колебания уровня оз. Хантайское с 1961-1994 гг.

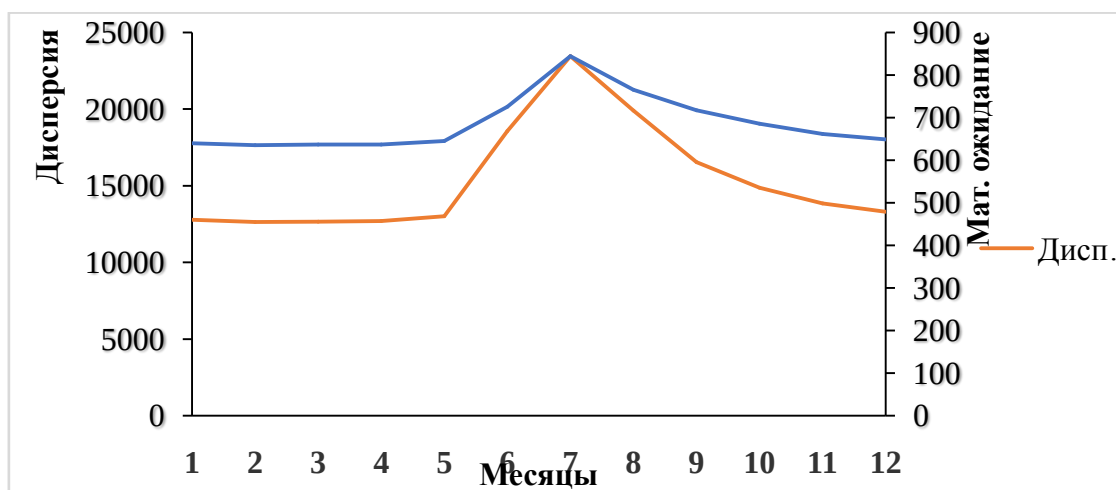


Рисунок 2.2.10 - Графики оценок математического ожидания и дисперсии.

Как видно из рисунка 2.3.10, график оценки математического ожидания $m(t)$ имеет вид кривой с широким, ярко выраженным

половодьем, начало которого приходится на май. Подъем уровня воды продолжается в июне, максимум половодья наблюдается в июле, что характерно для северных регионов. Минимумы на кривых математического ожидания $m(t)$ соответствуют зимней межени (ноябрь-апрель). Кривые дисперсии $D(t)$ практически повторяют особенности кривых математического ожидания $m(t)$. Расчет вероятностных характеристик внутригодовой изменчивости речного стока для каждого месяца года для построения графиков приведены в Приложении В.

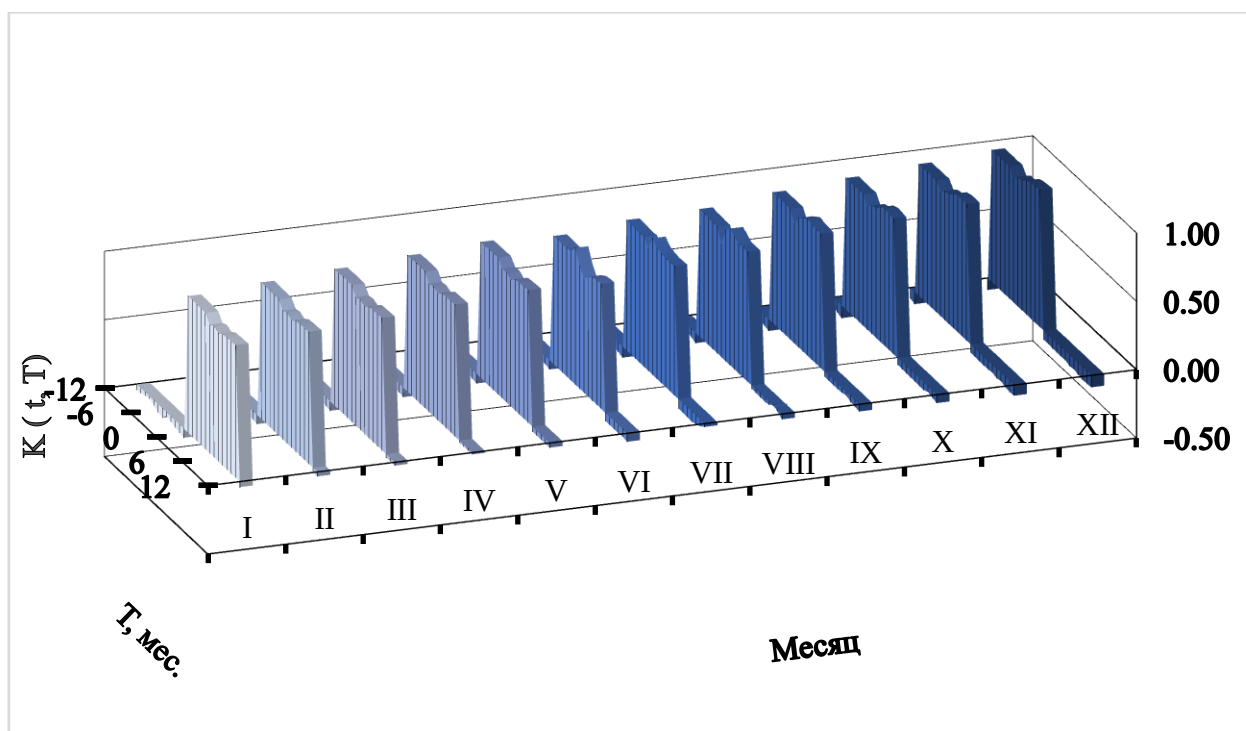


Рисунок 2.2.11 - График оценок корреляционной зависимости внутригодовой изменчивости уровня оз. Хантайское.

Для озера Хантайское коэффициенты корреляции также значимы не для всех месяцев года.

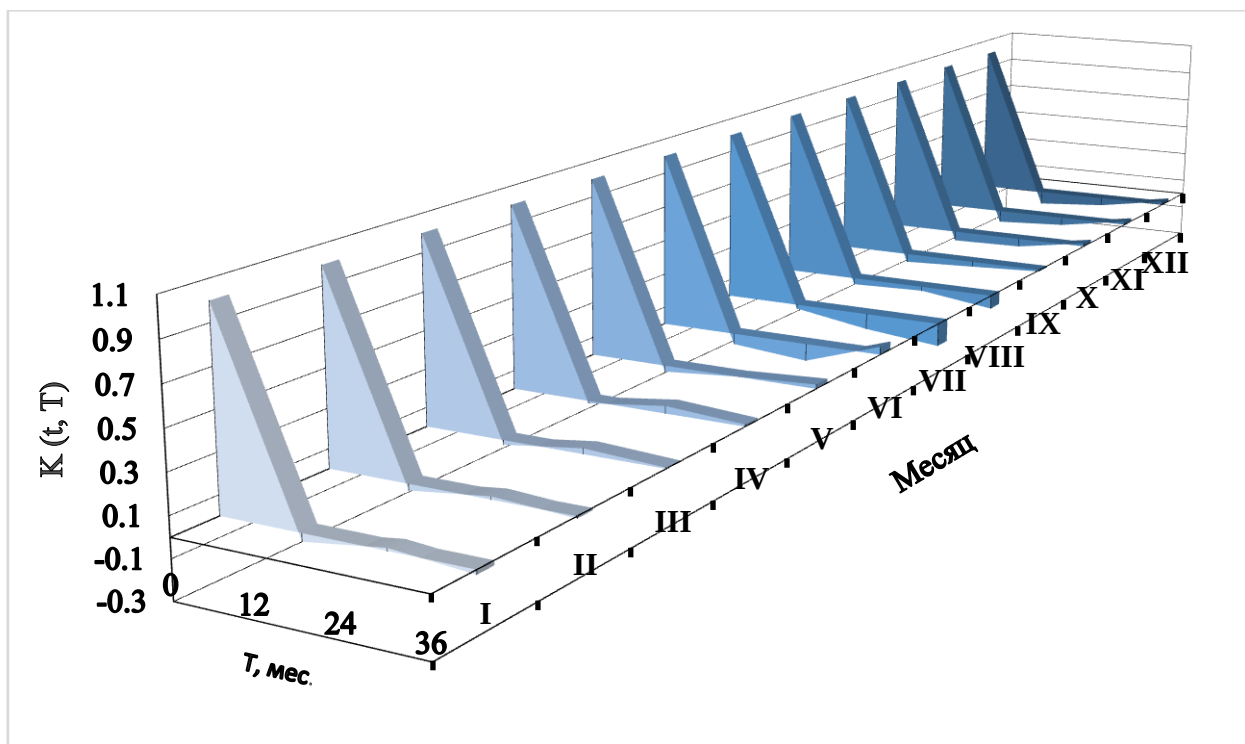


Рисунок 2.2.8 - График оценок корреляционной зависимости межгодовой изменчивости уровней оз. Хантайское.

3. КЛИМАТ И УВЛАЖНЕННОСТЬ.

3.1 Общие характеристики климата территории.

Рассматриваемая территория находится в арктическом и субарктическом поясе. Для анализа климата были взяты метеоданные, а именно: атмосферные осадки, температура воздуха по 4 станциям. Метеостанции дают возможность в полной мере рассмотреть климатические особенности плато Путорана, но, к сожалению, сложно сказать о тенденциях к изменению климата северных районов полуострова Таймыр (Рисунок 3.1.1).

Основными факторами, определяющими климат данной территории, являются: географическое положение в северных широтах, непосредственное соседство с морями Северного Ледовитого океана, рельеф и положение областей высокого и низкого давления.

Описываемая территория находится к северу от полярного круга. Здесь наблюдается своеобразный ход солнечной радиации – непрерывное сияние летом в полярный день и его полное отсутствие в полярную ночь. Полярный день на п-ове Таймыр длится от 2,5 до 4 месяцев, полярная ночь на юге продолжается менее 2 месяцев и на севере 3,5 – 4 месяца; солнце при этом никогда не поднимается над горизонтом выше $43^{\circ}27'$ мин.

Ветры, дующие на п-ове Таймыр, носят муссонный характер, что можно объяснить разницей температур моря и суши. В зимнее время преобладают ветры южных направлений, в летний период – северные и северо-восточные ветры.

Сильные ветры, метели и пурги являются одним из характерных признаков климата п-ова Таймыр. Особенно отличаются западные части п-ова Таймыр, где ветер имеет большие скорости. Наиболее ветреными являются о. Диксона, районы Гольчихи, Норильска и озера Таймыр, там средняя скорость ветра равна $7,5$ м/сек.

По значениям температур воздуха п-ов Таймыр является одним из самых холодных районов суши в северном полушарии. Зима повсеместно холодная, лето прохладное на побережье и в горах, но относительно теплое в низменных частях полуострова. На юге среднегодовая температура воздуха составляет $-10,5^{\circ}\text{C}$, а на северном побережье $-14,1^{\circ}\text{C}$.

Годовая амплитуда температур изменяется от $30 - 34^{\circ}\text{C}$ на побережье до $40 - 43^{\circ}\text{C}$ во внутренних частях полуострова. Таким образом, климат рассматриваемой территории резко континентальный.

Осадки выпадают преимущественно в виде снега. Наибольшее количество осадков наблюдается в летний период. Так, за июль – сентябрь выпадает более 50% годового количества осадков, а за январь – март – наименьшее количество (всего около 10 %). [23]

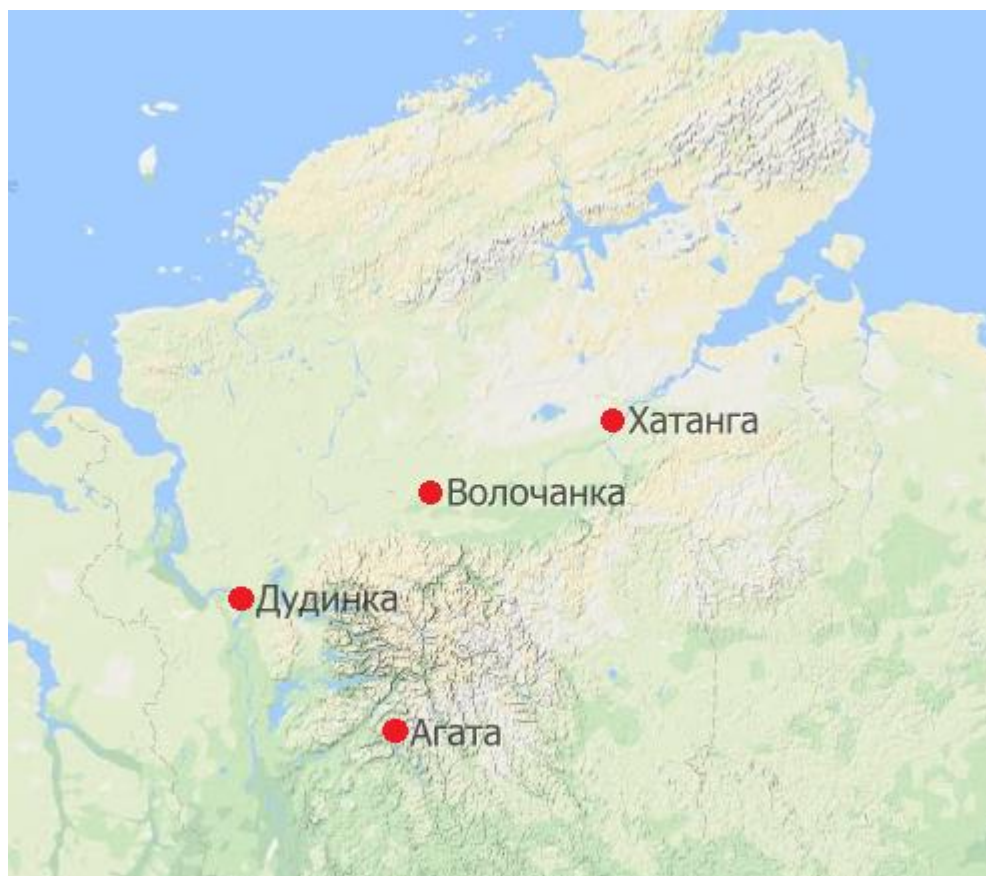


Рисунок 3.1.1 – Карта расположения метеостанций.

ТДС Агата

ТДС Агата открыта Красноярским управлением по гидрометеорологии 1 декабря 1939 г. в труднодоступном полярном районе на северо-западе Эвенкии, в горной, таежной местности, на берегу озера Някшингда. С 1963 года, кроме метеорологических, осуществляется производство гидрологических наблюдений на посту при станции, а с 1972 — агрометеорологические наблюдения за пастбищной растительностью и опасными для оленеводства явлениями.

Труднодоступная метеорологическая станция Агата входит в состав реперной климатической сети Росгидромета, глобальной приземной сети наблюдений за климатом (ГСНК), региональной опорной синоптической сети (РОСС), региональной опорной климатической сети (РОКС). Наблюдения выполняются по программе II разряда. Перерывов в работе станции и переносов площадки за весь период наблюдений не было.

Агата - уникальное наблюдательное подразделение, как по месту своего расположения, так и по важности и значимости получаемой информации, и во многом определение «самая-самая» применительно к этой станции, будет вполне справедливым [22]

Метеостанция Волочанка

Волочанка— посёлок в городском поселении город Дудинка Таймырского Долгано-Ненецкого района Красноярского края России. Население— 530 чел. В поселке находится метеостанция Волочанка. Начало метеорологических наблюдений приходится на декабрь 1932 г, гидрологические - август 1934 г., агрометеорологические - 1960 г.

Высота метеоплощадки - 37 м над уровнем моря

Расположена на юге Таймырского полуострова, на левом возвышенном берегу р. Хеты, являющейся притоком р. Хатанга. Рельеф окружающей местности довольно ровный с небольшими понижениями. Изредка встречаются небольшие возвышенности высотой 80-100 м.

Входит в состав реперной климатической сети Росгидромета, глобальной сети наблюдений за климатом, региональной опорной климатической сети. Проводит наблюдения метеорологические, гидрологические, агрометеорологические, за уровнем загрязнения снежного покрова, а также радиационный мониторинг загрязнения окружающей среды.[22]

Метеостанция. Дудинка

Метеостанция Дудинка в городе Дудинка расположена за Северным полярным кругом. Дудинка— город районного подчинения в Красноярском крае России, административный центр административно-территориальной единицы с особым статусом Таймырского Долгано-Ненецкого района и одноимённого муниципального района.

Расположена на правом берегу Енисея в месте впадения в него притока Дудинки. Была открыта в 1933 году и до 2012 года непрерывно выполняла метеорологические наблюдения.

АМСГ-2 Хатанга

В 1928 году руководитель экспедиции Академии наук СССР А. И. Толмачёв организовал в Хатанге метеорологические наблюдения. Рядом с Богоявленской церковью он установил метеорологическую будку и обучил работников торговых факторий, как проводить и записывать метеорологические наблюдения. Согласно справке в техническом деле метеостанции, первые наблюдения были начаты 1 декабря 1928 года. К сожалению, метеонаблюдения велись от случая к случаю, и только в 1934 году в селе Хатангском Комитет Севморпути при СНК СССР учредил постоянную гидрометеостанцию.

Из-за потребности авиации в метеообеспечении, с 1 декабря 1938 года в Хатанге начались регулярные наблюдения за погодой. Поэтому 1938 год считается годом рождения Хатангской авиационной метеостанции.

Сезонность работы водного и ледового аэродромов в Хатанге вскоре перестала удовлетворять авиацию. Поэтому к 1945 году в Хатанге была оборудована грунтовая взлетно-посадочная полоса, на которую стали принимать самолеты всех типов. В связи с этим интенсивность движения авиации через аэропорт Хатанга существенно возросла. Для метеорологического обеспечения авиарейсов потребовались также сведения о параметрах погоды в высоких слоях атмосферы. В те годы главным «рабочим инструментом» аэрологов была радиолокационная станция «Малахит». Выпуски шара-зонда осуществлялись три раза в сутки. Необходимость высокого качества метеообеспечения авиации привело к тому, что в 1954 году метеостанция Хатангского аэропорта была передана в юрисдикцию Диксонского радиометцентра.

До 1965 года авиационной метеостанции предписывалось вести наблюдения за полярными сияниями. Метеостанция имела специальную фотокамеру для съемки полярных сияний и свою фотолабораторию для проявки снимков.

К 1969 году, т.е. к моменту образования Хатангского объединенного авиаотряда, авиационная метеостанция «Хатанга» представляла собой уже полностью сформировавшуюся опорную метеорологическую станцию, выполнявшую полный объем климатических, авиационных, аэрологических, гидрологических и других видов наблюдений. В ее центре — синоптическая часть (синбюро) — для прогностического обеспечения авиации и народного хозяйства. Штат станции насчитывал в те годы около 70 человек. Все подразделения работали в теснейшей связи между собой и со службами аэропорта.

Двадцать лет авиационная метеостанция «Хатанга» участвовала в прогностическом обеспечении высокоширотных экспедиций (ВШЭ), проводимых Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом (АНИИ) совместно с Министерством обороны СССР в Центральной Арктике. На дрейфующих льдах ежегодно создавалось несколько баз с ледовыми аэродромами и парком самолетов АН-2, обеспечивающих доставку научных работников к намеченной сети точек. Основными задачами таких экспедиций было получение информации о метеорологическом и ледово-гидрологическом режимах и загрязнении Центрального арктического бассейна.

В 2005 году за предоставление качественной информации для международного обмена данными АМСГ-2 Хатанга награждена Почвальной грамотой ВМО.

АМСГ-2 Хатанга входит в состав реперных климатических станций Росгидромета, включена в международную Глобальную сеть наблюдений за климатом.

В настоящее время для обслуживания полетов ВС в крайне сложных климатических условиях погоды АМСГ Хатанга для приема аэросиноптического материала оснащена современным оборудованием: абонентским спутниковым комплексом «Митра», новыми метеорологическими приборами типа ИПВ-01, ДВО-2 и другими.[22]

Температурная зональность несильно выражена т.к. метеостанции Хатанга и Дудинка расположены близко к заливам, что сглаживает среднегодовую температуру, средние значения которых -10.5°C и -9.7°C . Средние значения температур на метеостанциях Волочанка и Агата равны -11.5°C и -10.5°C .

Среднегодовой ход температуры на всех станциях имеет тренд на повышение, наблюдается потепление (за счет повышения среднемесячной, среднесезонной и среднегодовой температуры воздуха).

Так же отмечается, что среднегодовые нормы осадков имеют тенденцию к увеличению на станциях Хатанга и Волочанка, и к уменьшению на станциях Дудинка и Агата. В основном увеличение происходит за счет числа осадков летнего периода, причем на северо-востоке территории также происходит постепенное увеличение среднегодовых осадков осеннего периода.

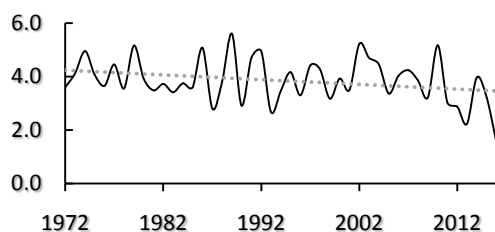
Уменьшение среднегодового количества осадков идет за счет уменьшения осадков в весенний, летний и осенний сезоны.

3.2 Индекс-де Мартона

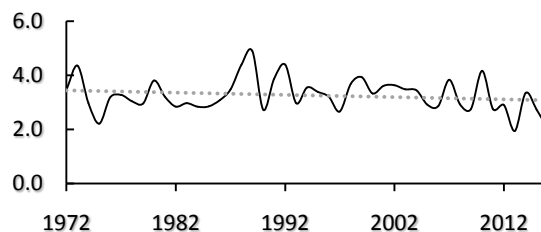
Для характеристики климата и увлажненности территории в работе использовались единичные показатели – температура воздуха, атмосферные осадки, и интегральный показатель – индекс Де-Мартона, являющийся отношением суммы осадков за год к средней годовой температуре воздуха:

$$\alpha_m = P / (T^{\circ}\text{C} + 20) \quad (3.2.1)$$

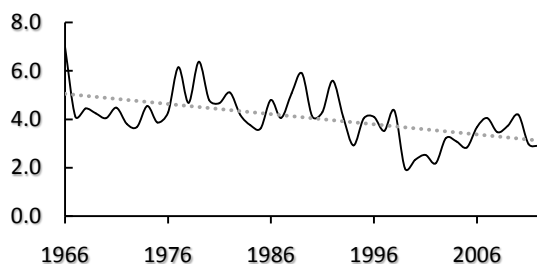
позволяет различать два прямо противоположных по степени увлажнения территории типа климата – гумидный ($\alpha_m \geq 0.15$) и аридный ($\alpha_m < 0.15$).



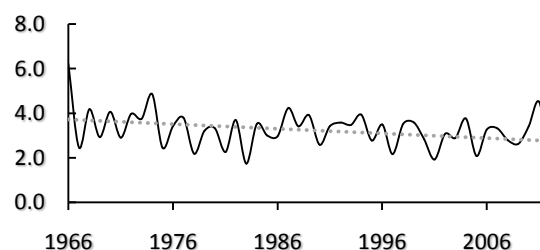
А



Б



В



Г

Рисунок 3.2.1 – Графики индекса де-Мартона по метеостанциям А)-Агата, Б)-Волочанка, Г)-Дудинка, Д)-Хатанга.

Значения $\alpha_M \geq 0,15$ характерны для гумидных зон. В среднем, значения индекса де-Мартона изменяются от 2.0 до 6.0. На всех станциях наблюдается снижение линии тренда, что говорит о уменьшении среднего уровня увлажненности.

3.3 Выделение многоводных и маловодных лет методом квантильного анализа

Таблица 3.3.1 - Статистические характеристики межгодовой изменчивости

Дудинка												
	X _{min}	X _{0,25}	X _{0,5}	X _{0,75}	X _{max}	R	Q	X _H	X _B	m	ско	0,74Q
P _м	20.		41.	49.	57.	37.	14.	14.0	71.2	41.		10.58
м	3	35.5	3	8	4	1	3	5	5	5	9.5	2
Хатанга												
	X	X _{0,25}	X _{0,5}	X _{0,75}	X _{max}	R	Q	X _H	X _B	m	ско	0,74Q

	min			5	x							
P, M	13. 4	20.4	22. 7	26. 3	30. 4	17	5.9	11.5 5	35.1 5	22. 8	4.3	4.366
Агата												
	X min	X _{0,25}	X _{0,5}	X _{0,7} 5	X _{ma} x	R	Q	X _H	X _B	m	ско	0,74Q
P, M	22	31.5	36. 4	42. 2	53. 8	31. 8	10. 7	15.4 5	58.2 5	37. 2	7.6	7.918
Волочанка												
	X min	X _{0,25}	X _{0,5}	X _{0,7} 5	X _{ma} x	R	Q	X _H	X _B	m	ско	0,74Q
P, M	16. 8	24.3	28. 7	31. 6	42. 8	26	7.3	13.3 5	42.5 5	28. 3	5.4	5.402

Сопоставление квантилей, рассчитанных для метеостанций Дудинка, Хатанга, Агата и Волочанка за разные интервалы времени, показало, что значения $P_{0.25}$, $P_{0.5}$, $P_{0.75}$, оцененные с 1966 по 2016 г. на АМСГ-2 Хатанга ниже соответствующих значений на остальных метеостанциях, что говорит о малой увлажненности территории. Наиболее высокими показателями отличается ТДС Агата, что обусловлено ее географическим положением.

Таблица 3.3.2 - Статистические характеристики межгодовой изменчивости

Дудинка												
	X min	X _{0,25}	X _{0,5}	X _{0,75}	X _{max}	R	Q	X _н	X _в	m	ско	0,74Q
T, °C	- 13.2	- 10.8	-9.8	-8.6	-5	8.2	2.2	- 14.1	-5.3	-9.7	1.6	1.628
Хатанга												

	X _{min}	X _{0,25}	X _{0,5}	X _{0,75}	X _{max}	R	Q	X _H	X _B	m	ско	0,74Q
T, °C	- 16.5	-14	- 12.9	- 11.8	-6	10.5	2.2	- 17.3	-8.5	- 12.7	1.6	1.628
Агата												
	X _{min}	X _{0,25}	X _{0,5}	X _{0,75}	X _{max}	R	Q	X _H	X _B	m	ско	0,74Q
T, °C	- 14.1	- 11.6	- 10.4	-9.5	-4.7	9.4	2.1	- 14.8	-6.4	- 10.5	1.4	1.55
Волочанка												
	X _{min}	X _{0,25}	X _{0,5}	X _{0,75}	X _{max}	R	Q	X _H	X _B	m	ско	0,74Q
T, °C	- 15.2	- 12.5	- 11.2	- 10.2	-5.2	10	2.3	- 15.9	-6.8	- 11.5	1.7	1.702

Значения квантилей T 0.25, T 0.5, T 0.75, рассчитанных для АМСГ-2 Хатанга, ниже остальных показателей, что обуславливается местоположением станции, расположенной севернее других. Высокими (по сравнению с остальными) значениями отличается метеостанция Дудинка, расположенная вблизи залива, что сглаживает годовой ход температуры, что подтверждается минимальным размахом R=8.2.

Таблица 3.3.1 - Сведения о выпавших осадках

Осадки		
Название объекта	Высокое стояние	Низкое стояние
Дудинка	1977, 1981, 1983, 1986, 1988-1989, 1993	1969, 1972, 1974, 1994, 1999-2002, 2004

Агата	1975, 1986, 1989, 1991-1992, 1995, 1997, 2002,2003, 2007-2010	1972,1976,1987,1990,1993-1994,2000,2012-2013,2016
Хатанга	1966, 1984, 1988, 1993-1994	1970,1976, 1978-1979, 1981-1983, 1997-1998,2001,2005,2012,2013
Волочанка	1973, 1981, 1988-1989, 1995-1999,2001, 2003, 2007, 2010-2011	1972,1975-1979, 1982,1990,2013

Таблица 3.3.2 - Сведения о температурах

Температура			
Название объекта	Высокие	Низкие	Экстремально высокие
Хатанга	1947-1949, 1953, 1967, 1975, 1983, 1988, 2005,2008-2010, 2014-2015	1952,1957-1958, 196,1972,1974, 1977-1978, 1979, 1982, 1987, 1992, 1998,2005	2016
Волочанка	1953,1956,1967,1981, 1993,2008,2011-2012, 2015	1952,1957-1958,1960, 1965-1966,1968,1970, 1972, 1977-1979, 1983, 1987,1992, 1998	2016
Агата	1943-1945,1948-1949,1954,1967,1976, 1981,1983,1993,2003, 2005,2007,2011,2013, 2015	1946,1952,1957-1958,1960,1964,1966, 1968-1971,1972,1974, 1977, 1979,1987,1998, 2000	2016
Дудинка	1939-1940,1942-1945, 1953,1962, 1967, 1983, 1993,1995, 2005,2007,2011	1933, 1952, 1957-1960, 1964-1966, 1969-1970, 1972,1974, 1979, 1987,1992,1998, 2001-2002	2016

3.4 Выделение трендов рядов атмосферных осадковс помощью фильтра Баттерворта.

ТДС Агата

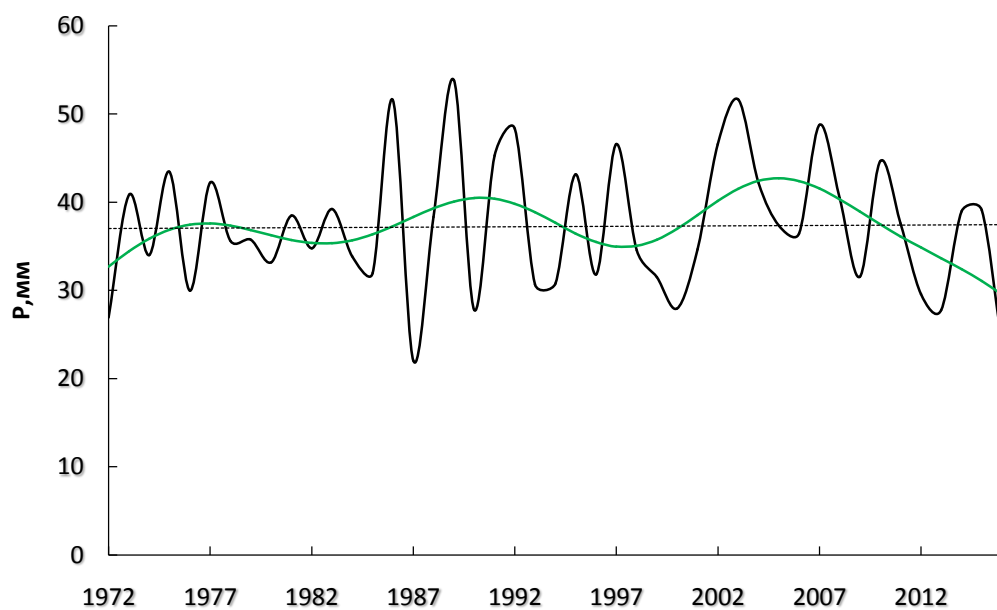


Рисунок 3.4.1 - Реализация среднегодовых атмосферных осадков на ТДС Агата.

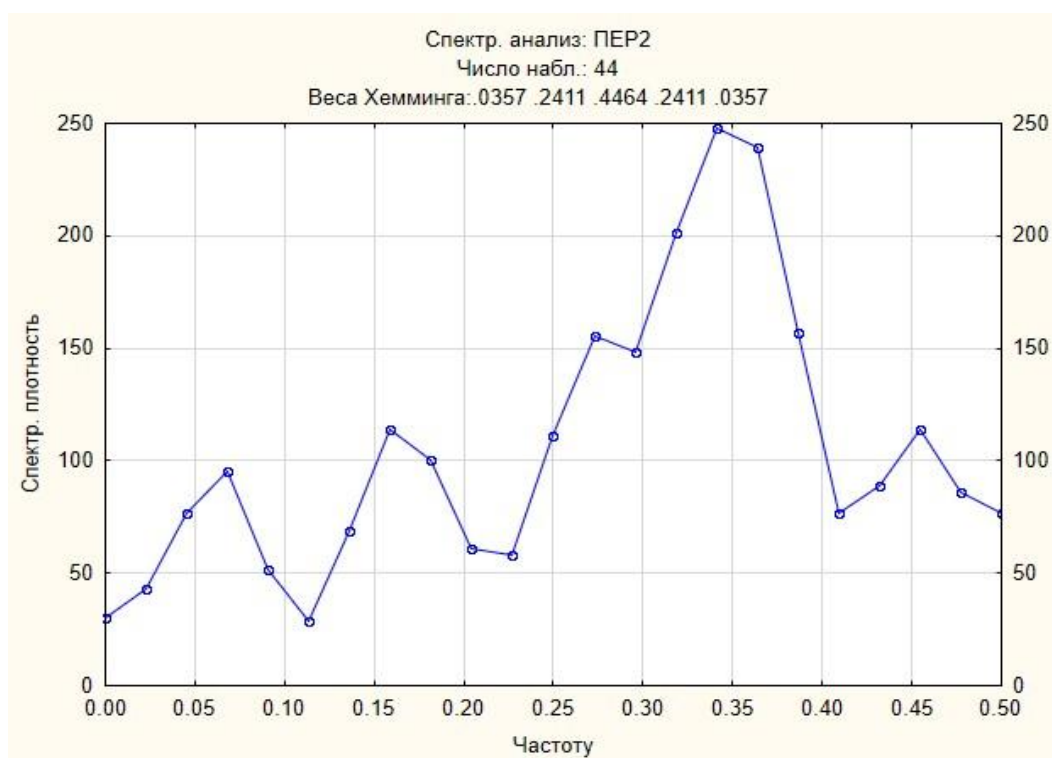


Рисунок 3.4.2 - Оценка спектральной плотности среднегодовых атмосферных осадков на ТДС Агата.

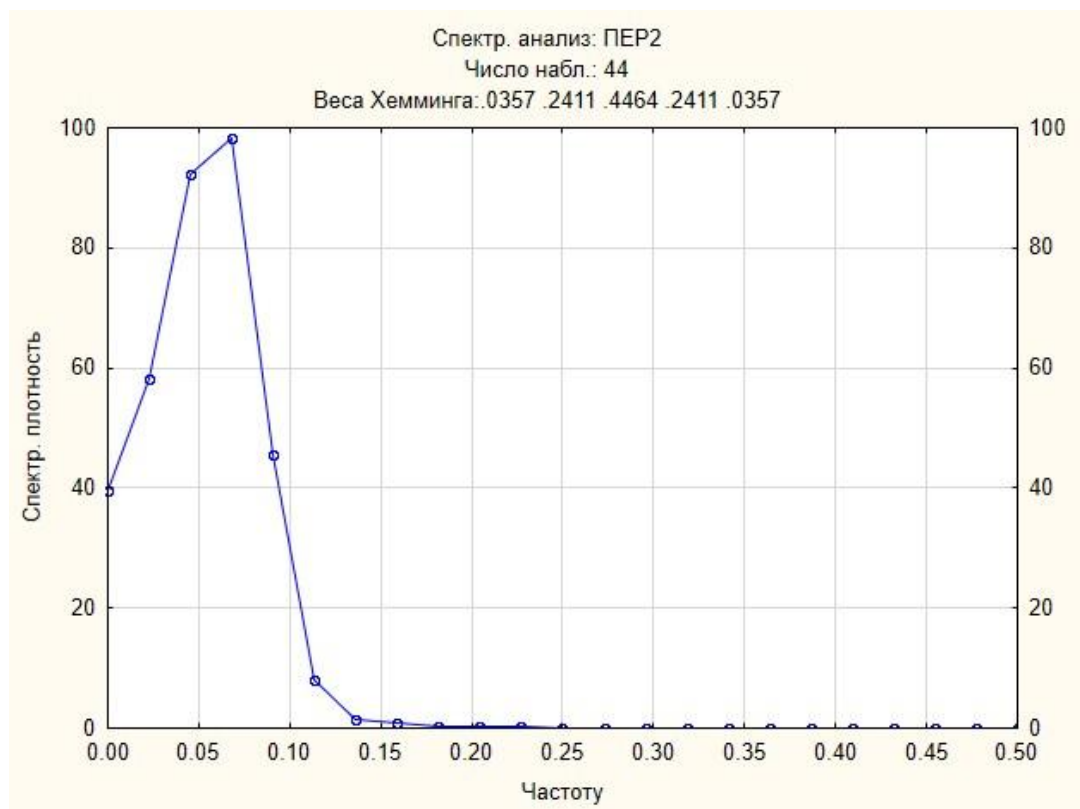


Рисунок 3.4.3 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков ТДС Агата $\omega=0.57$ рад/год.

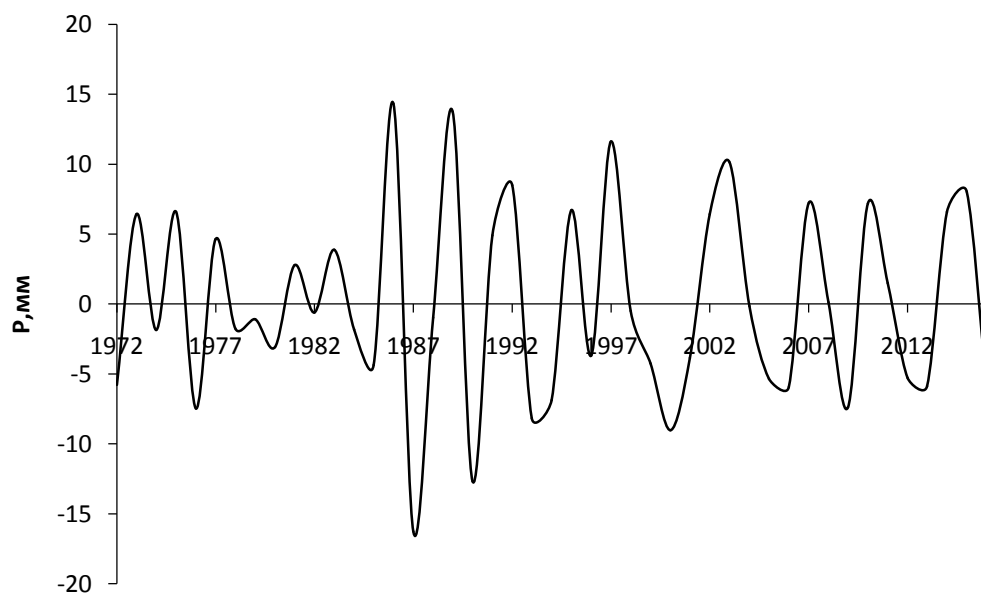


Рисунок 3.4.4 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков ТДС Агата $\omega=0.57$ рад/год.

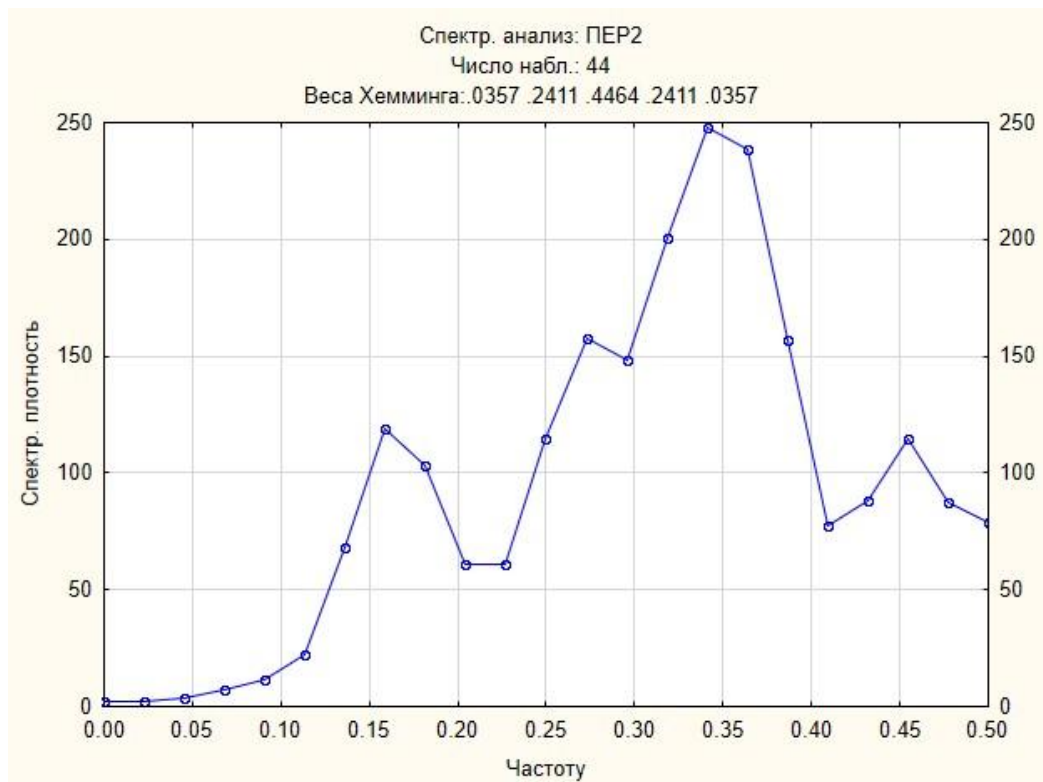


Рисунок 3.4.5 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков ТДС Агата $\omega=0.57$ рад/год.

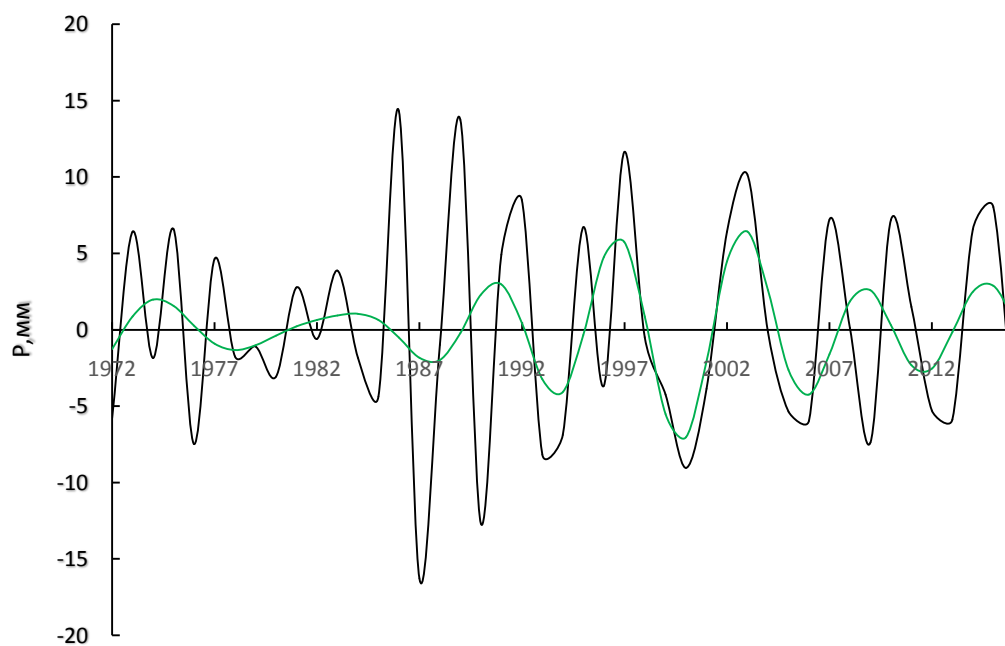


Рисунок 3.4.6 - Низкочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков ТДС Агата $\omega=1.25$ рад/год.

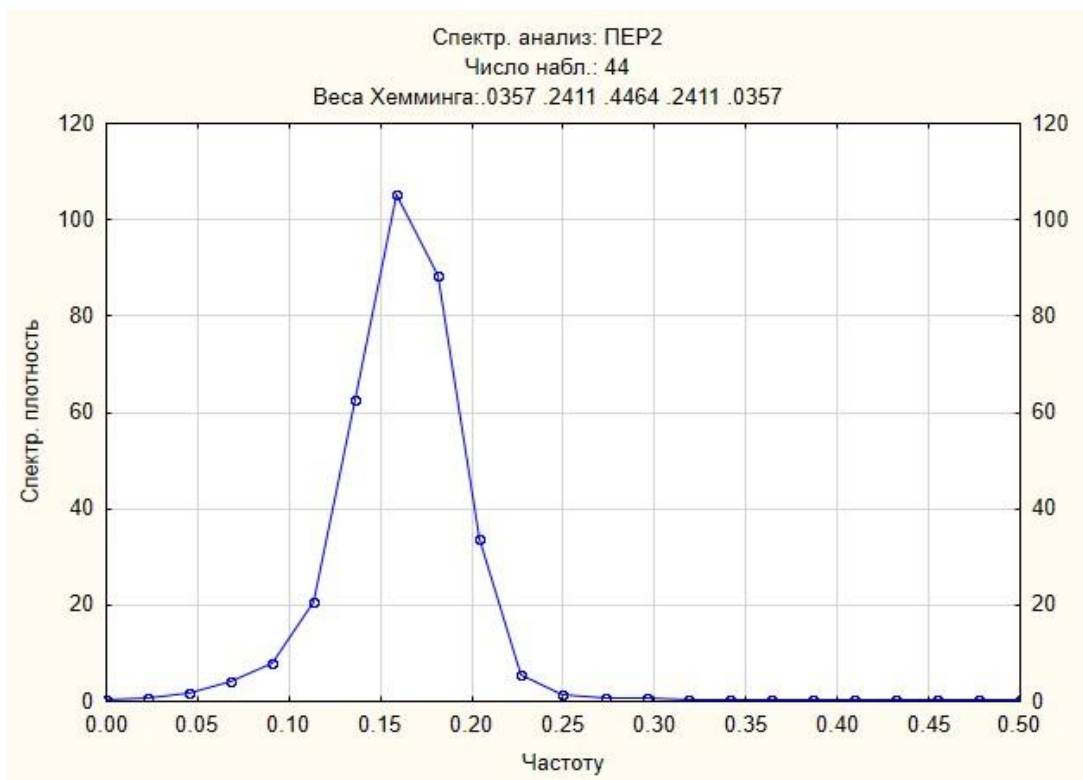


Рисунок 3.4.7 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков ТДС Агата $\omega=1.25$ рад/год.

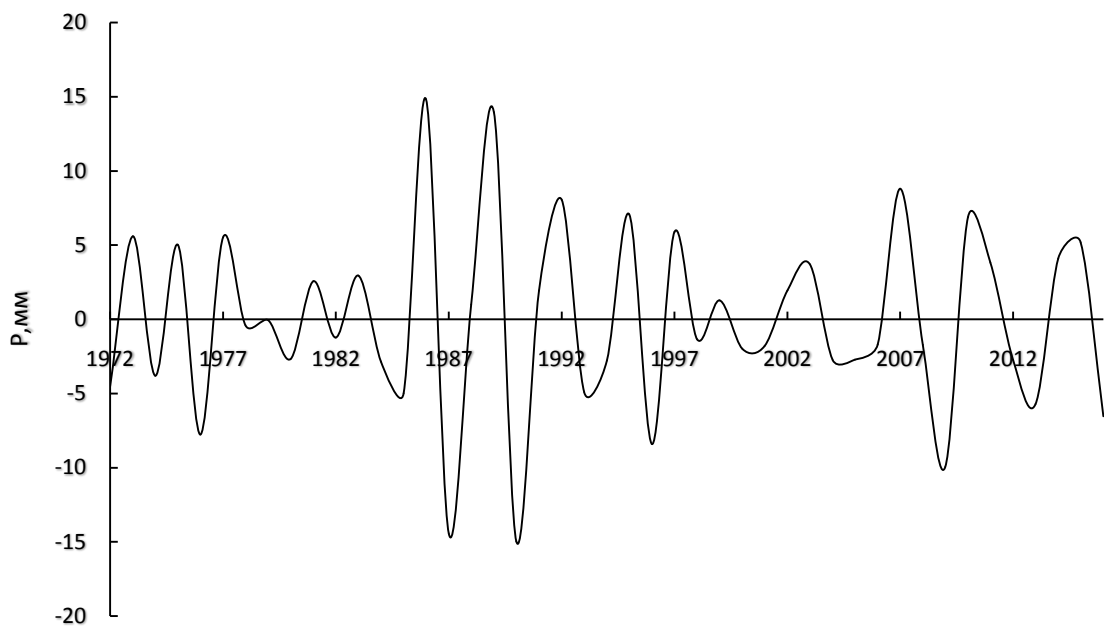


Рисунок 3.4.8 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков ТДС Агата $\omega=1.25$ рад/год.

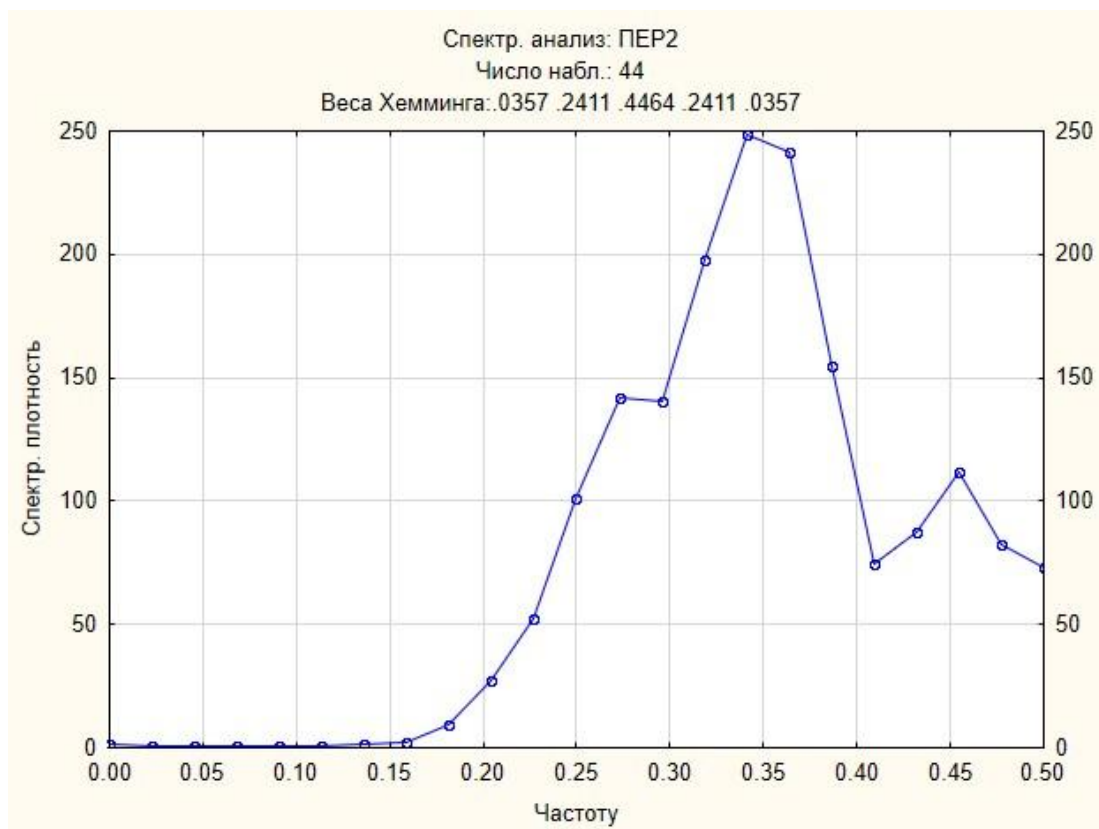


Рисунок 3.4.9 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков ТДС Агата $\omega=1.25$ рад/год.

Волочанка

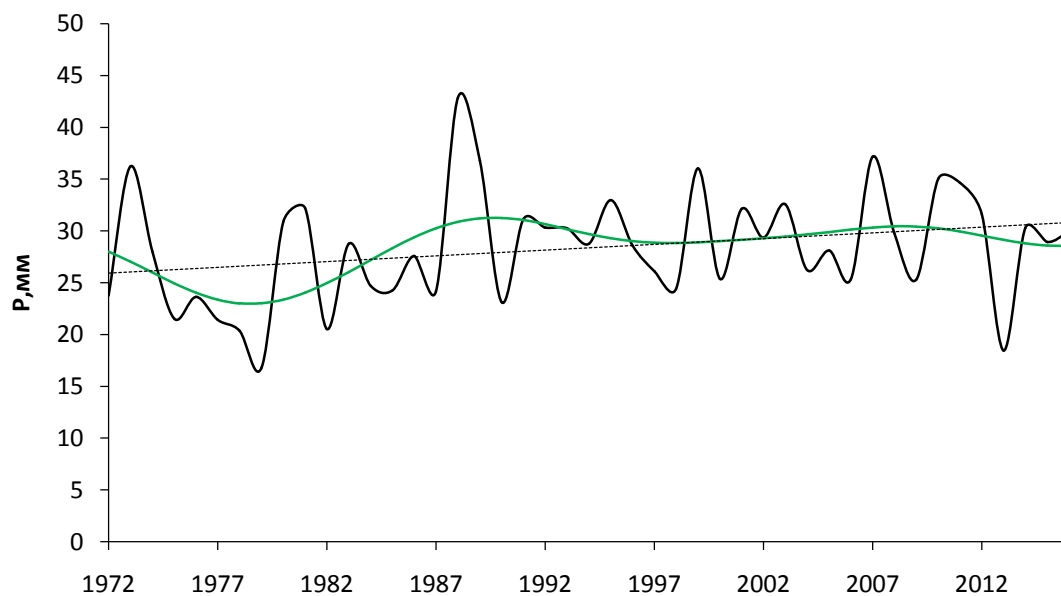


Рисунок 3.4.10 - Реализация среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Волочанка.

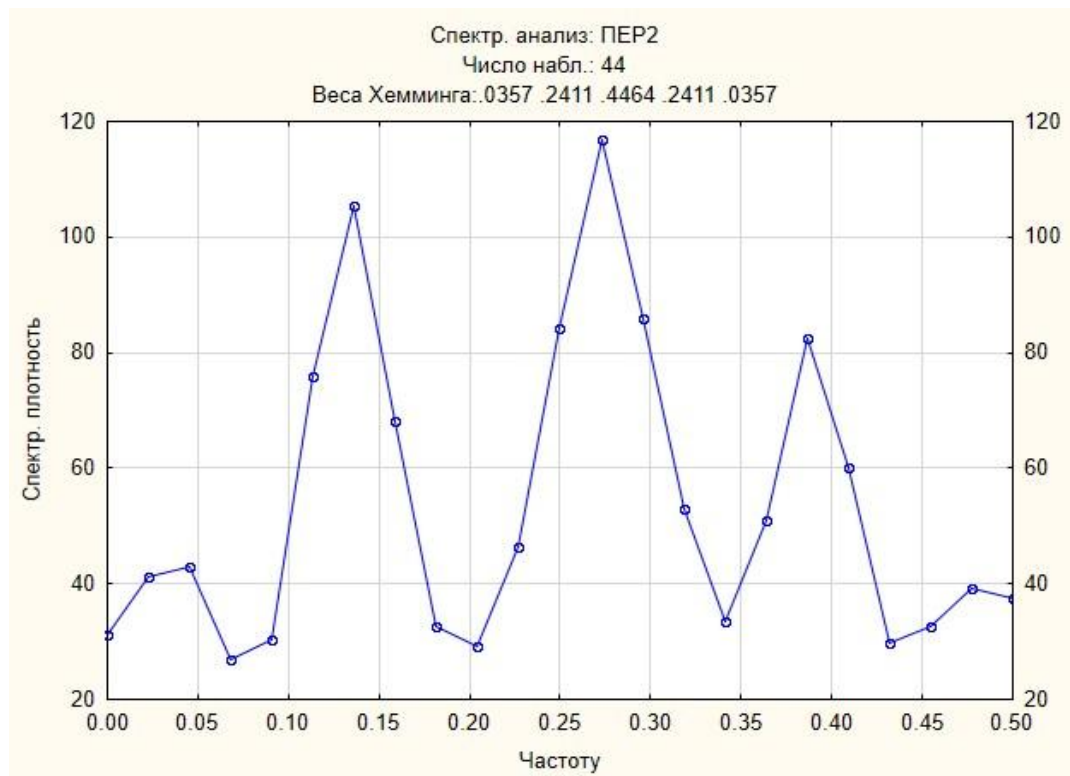


Рисунок 3.4.11 - Оценка спектральной плотности среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Волочанка.

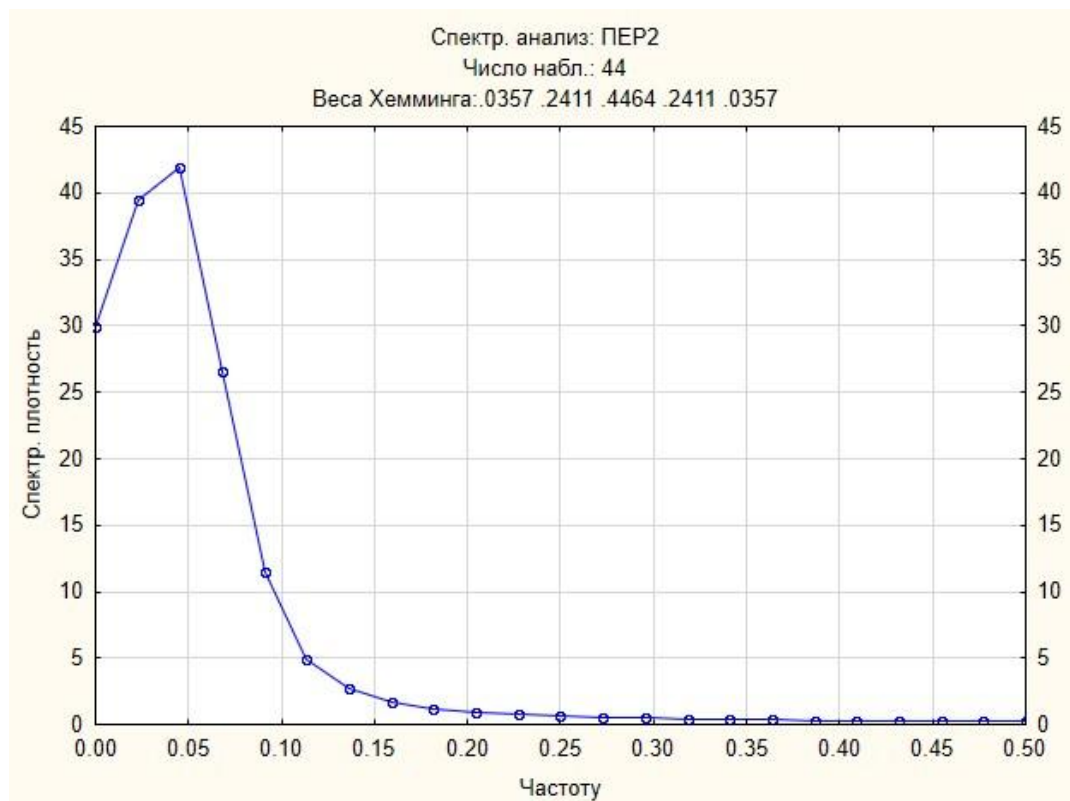


Рисунок 3.4.12 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Волочанка $\omega=0.57$ рад/год.

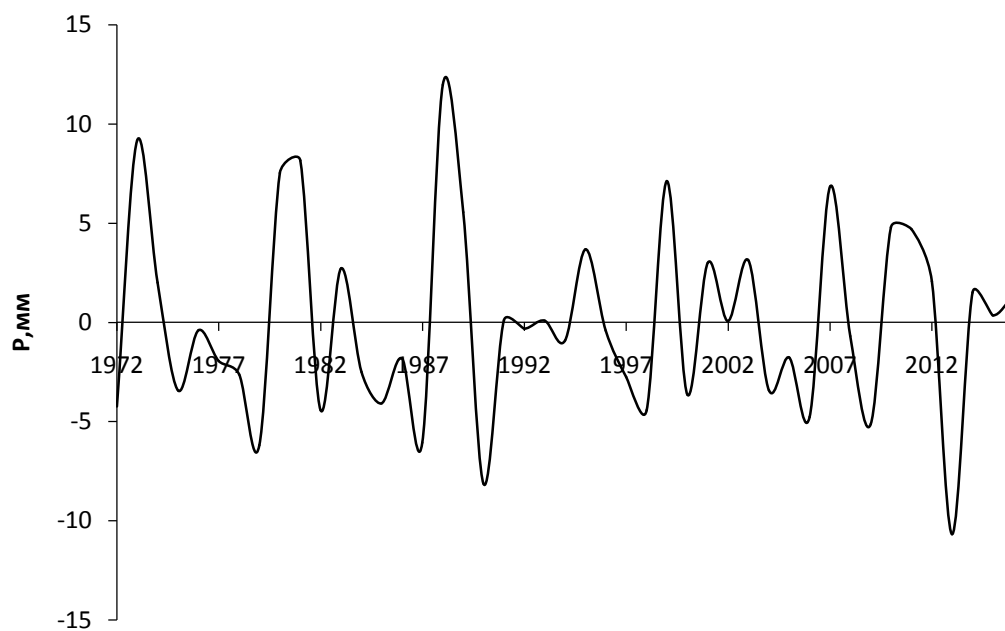


Рисунок 3.4.13 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Волочанка $\omega=0.57$ рад/год.

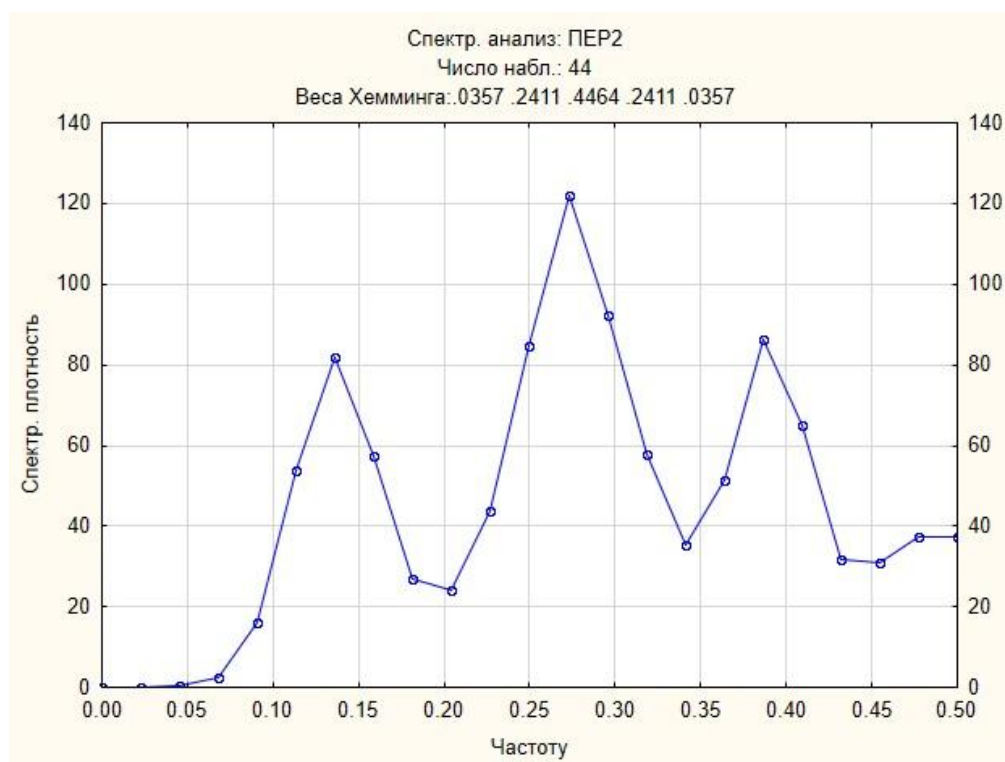


Рисунок 3.4.14 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков ТДС Агата $\omega=0.57$ рад/год.

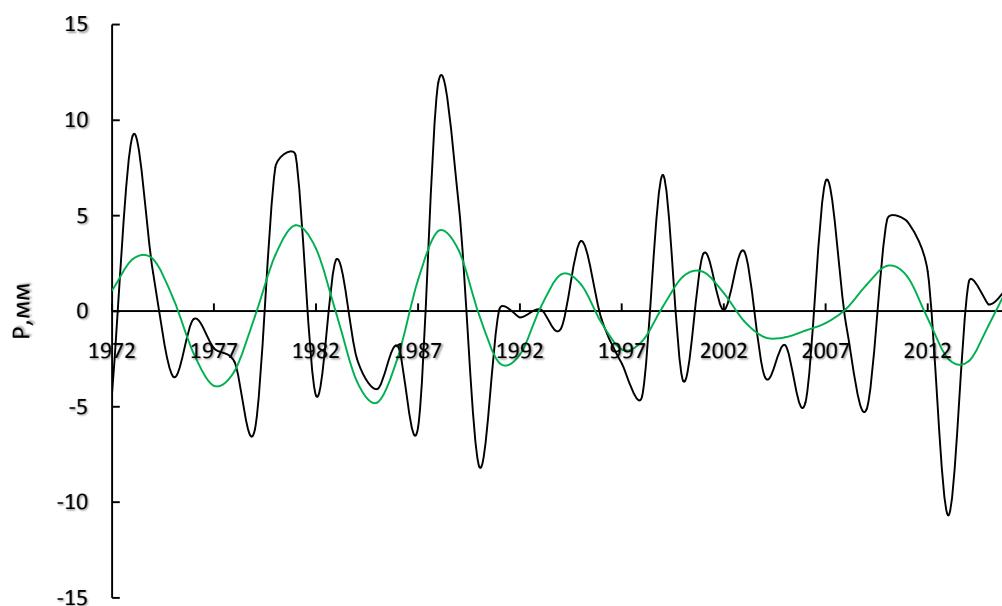


Рисунок 3.4.15 - Низкочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Волочанка $\omega=1.25$ рад/год.

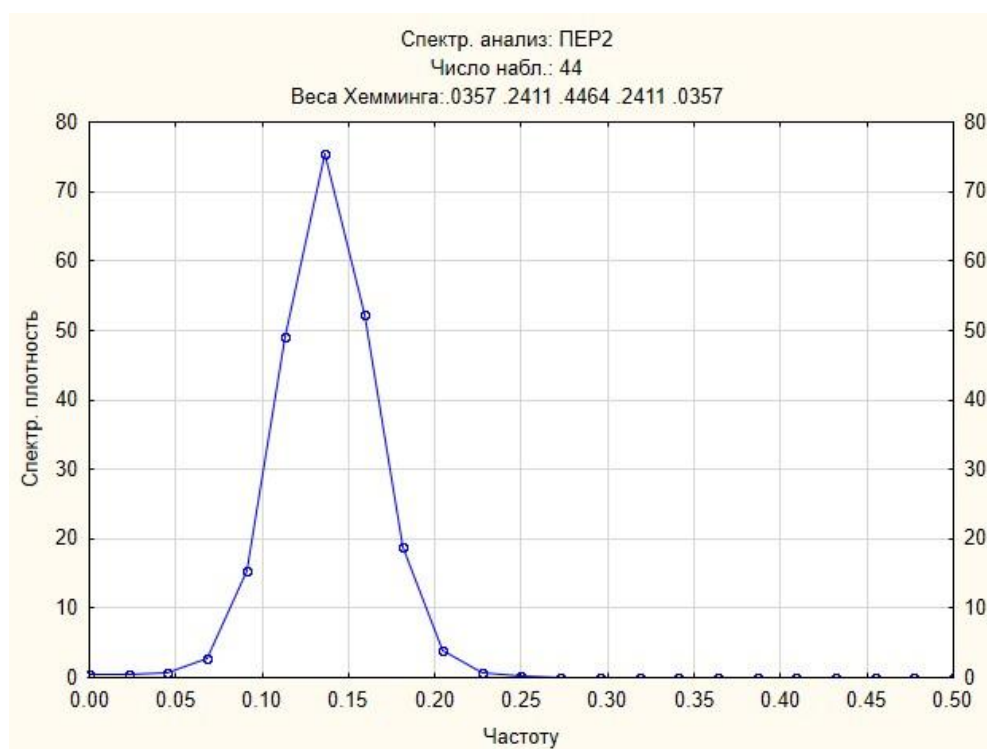


Рисунок 3.4.16 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Волочанка $\omega=1.25$ рад/год.

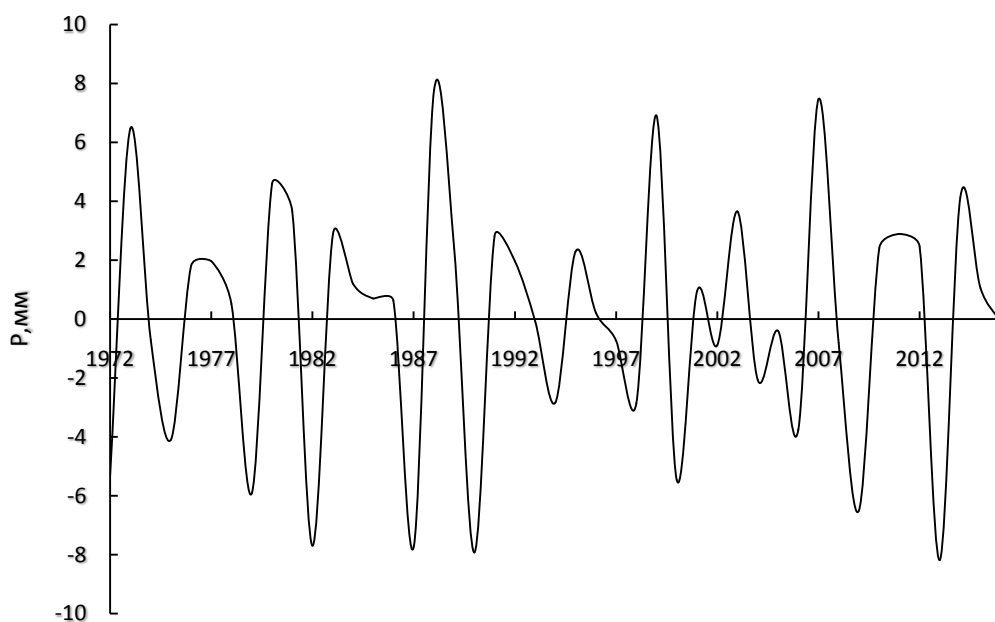


Рисунок 3.4.17 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Волочанка $\omega=1.25$ рад/год.

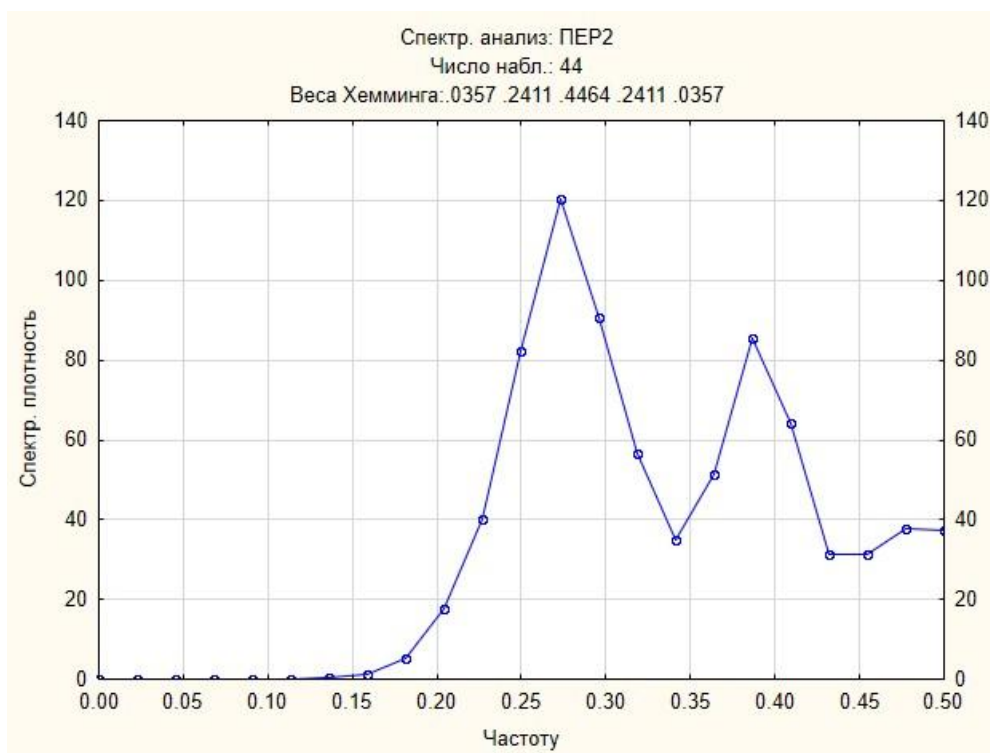


Рисунок 3.4.18 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Волочанка $\omega=1.25$ рад/год.

Дудинка

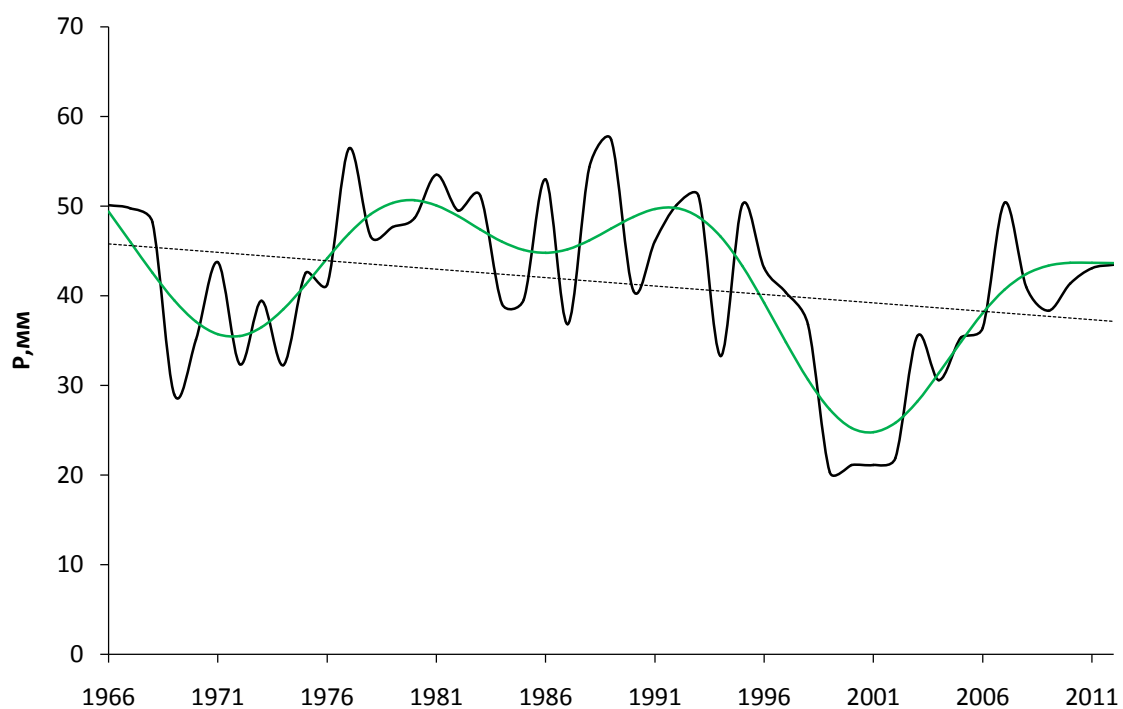


Рисунок 3.4.19 - Реализация среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Дудинка.

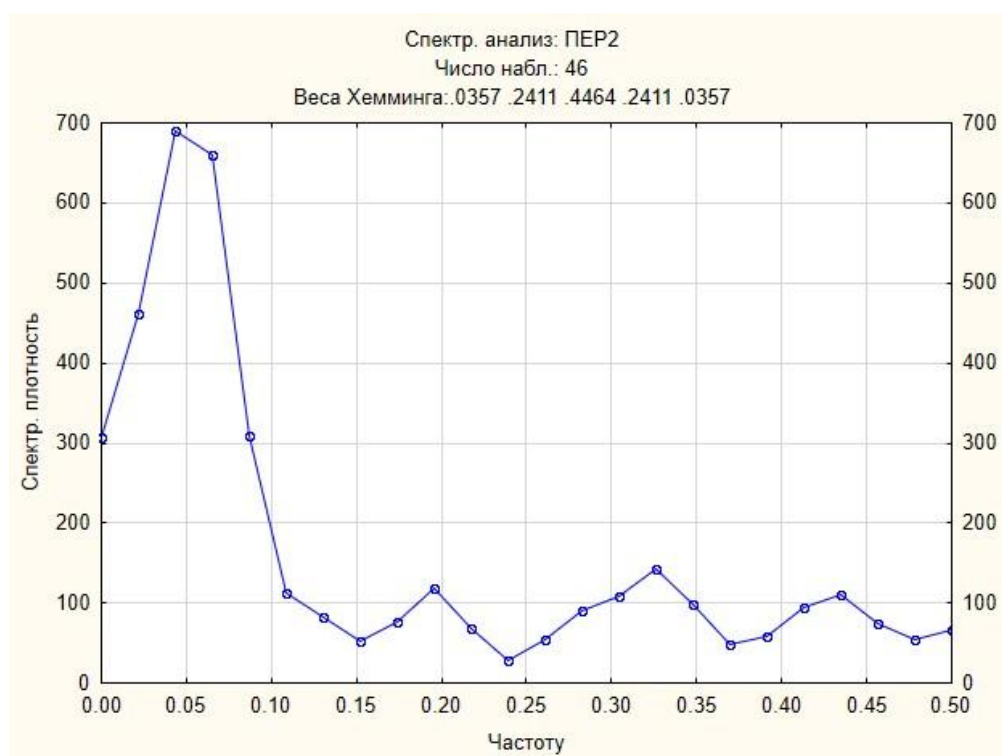


Рисунок 3.4.20 - Оценка спектральной плотности среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Дудинка.

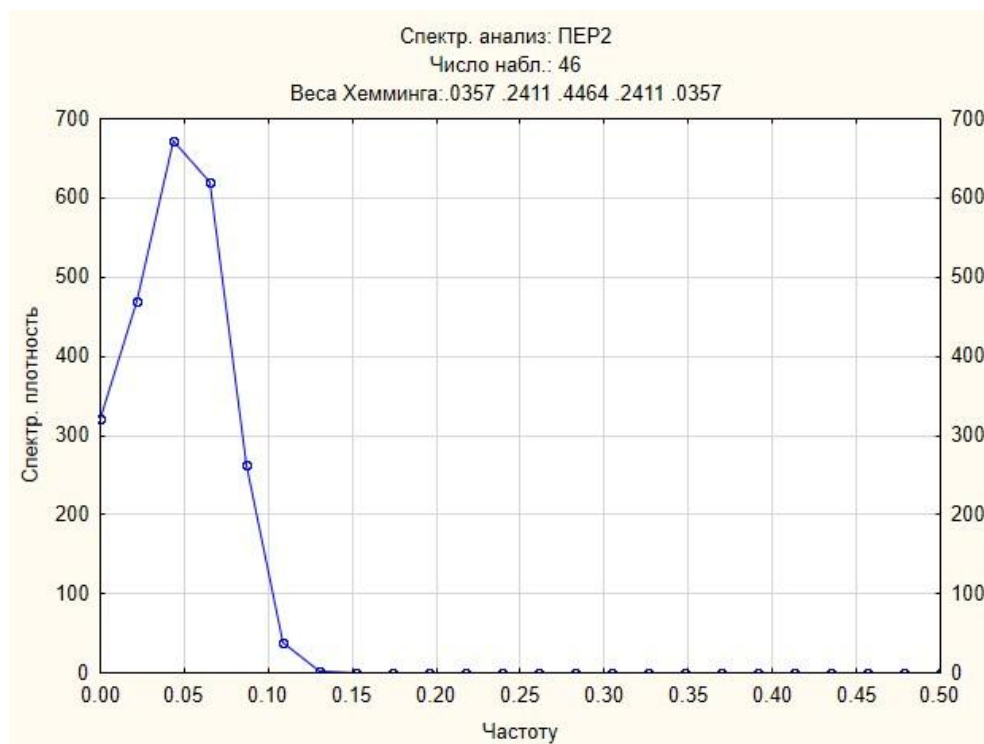


Рисунок 3.4.21 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Дудинка $\omega=0.57$ рад/год.

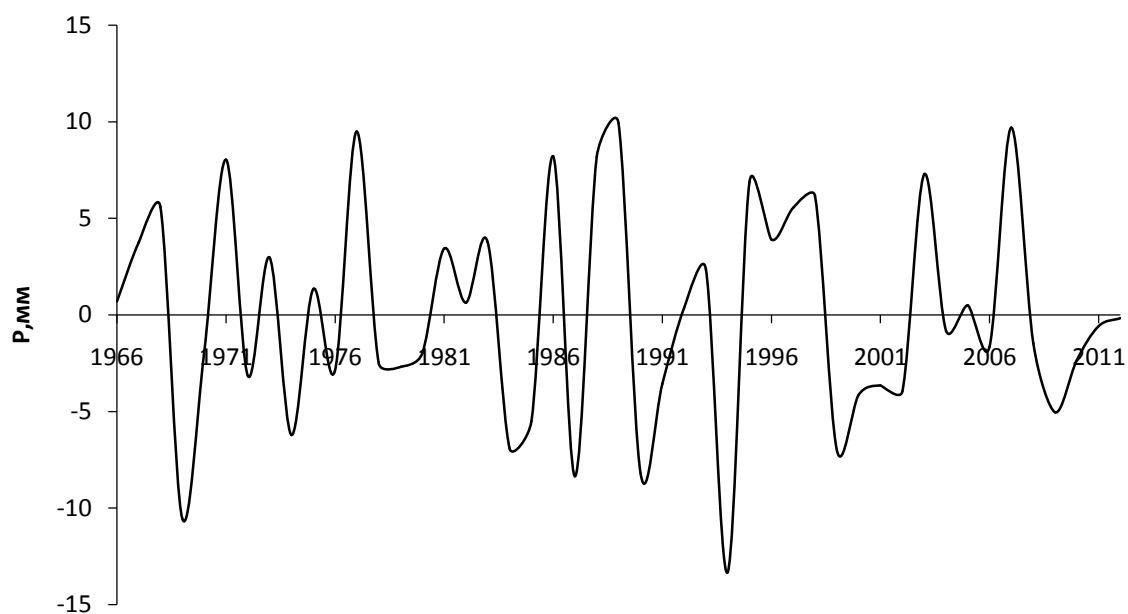


Рисунок 3.4.22 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Дудинка $\omega=0.57$ рад/год.

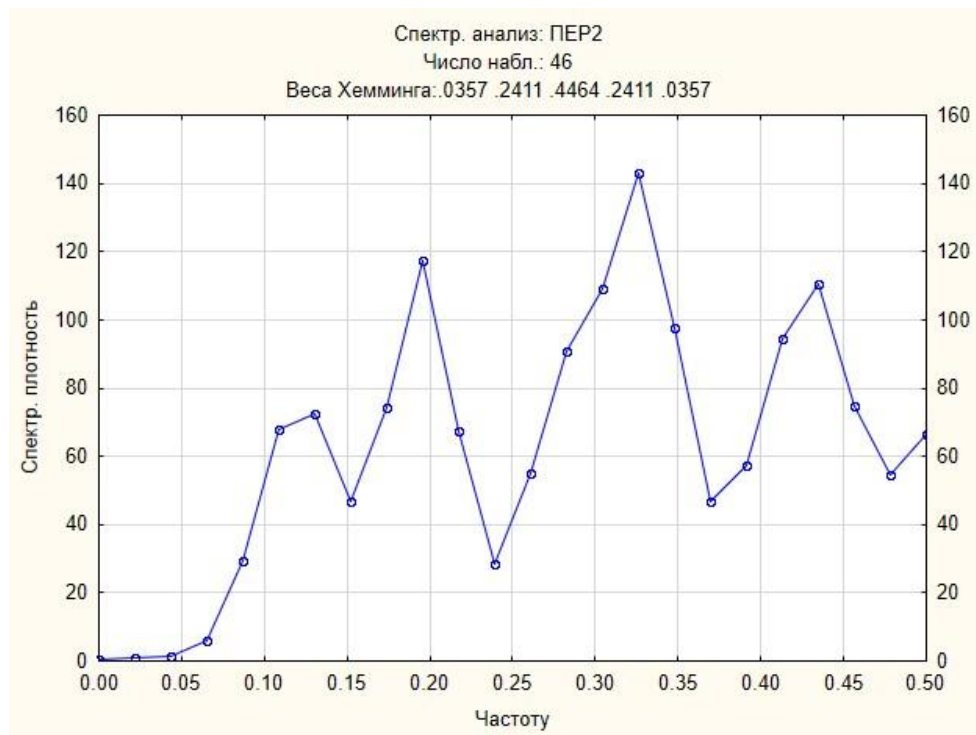


Рисунок 3.4.23 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Дудинка $\omega=0.57$ рад/год.

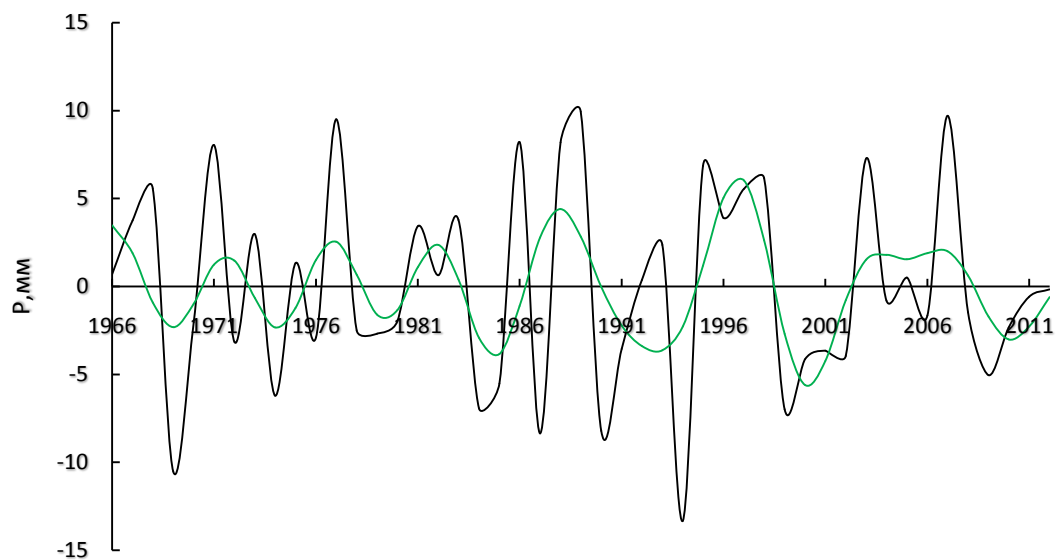


Рисунок 3.4.24 - Низкочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Дудинка $\omega=1.25$ рад/год.

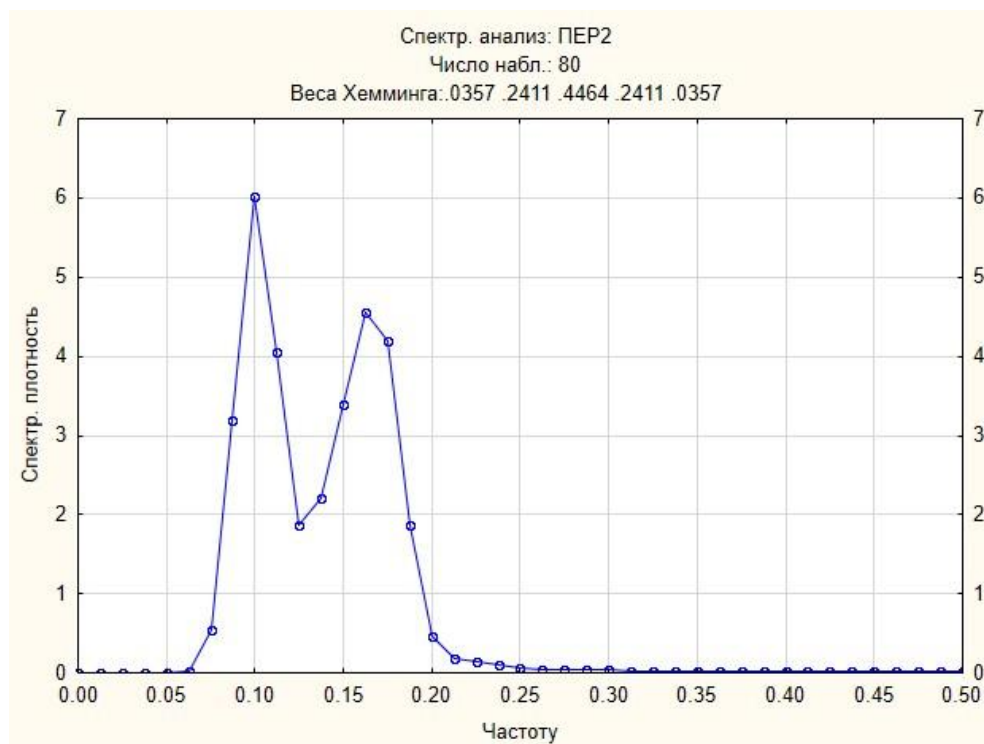


Рисунок 3.4.25 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Дудинка $\omega=1.25$ рад/год.

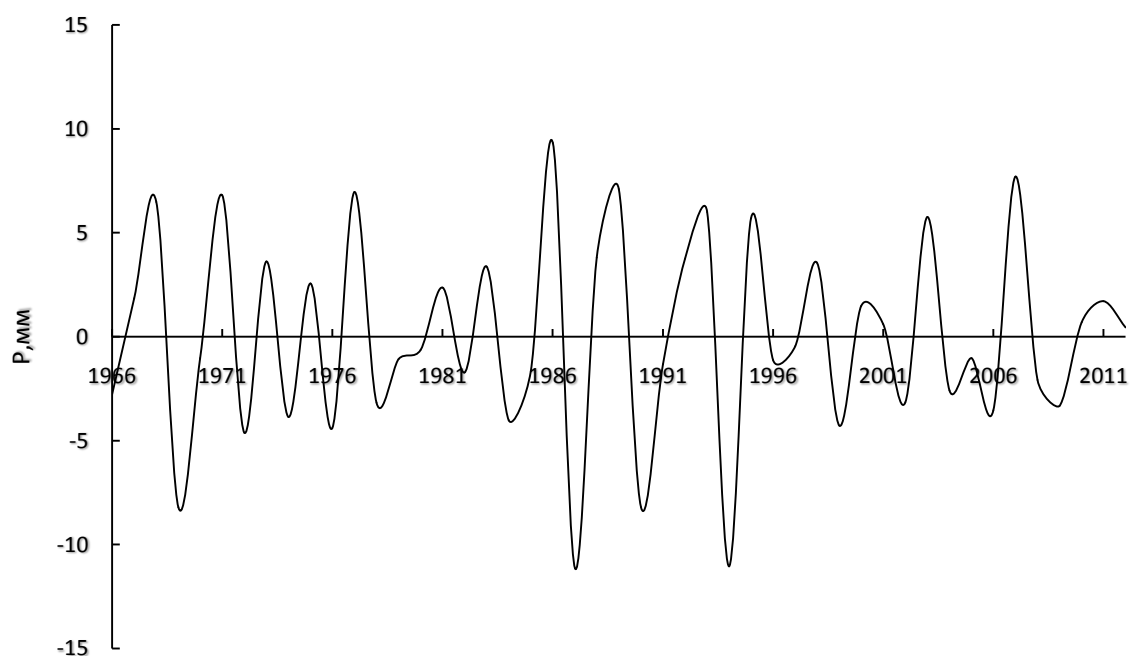


Рисунок 3.4.26 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Дудинка $\omega=1.25$ рад/год.

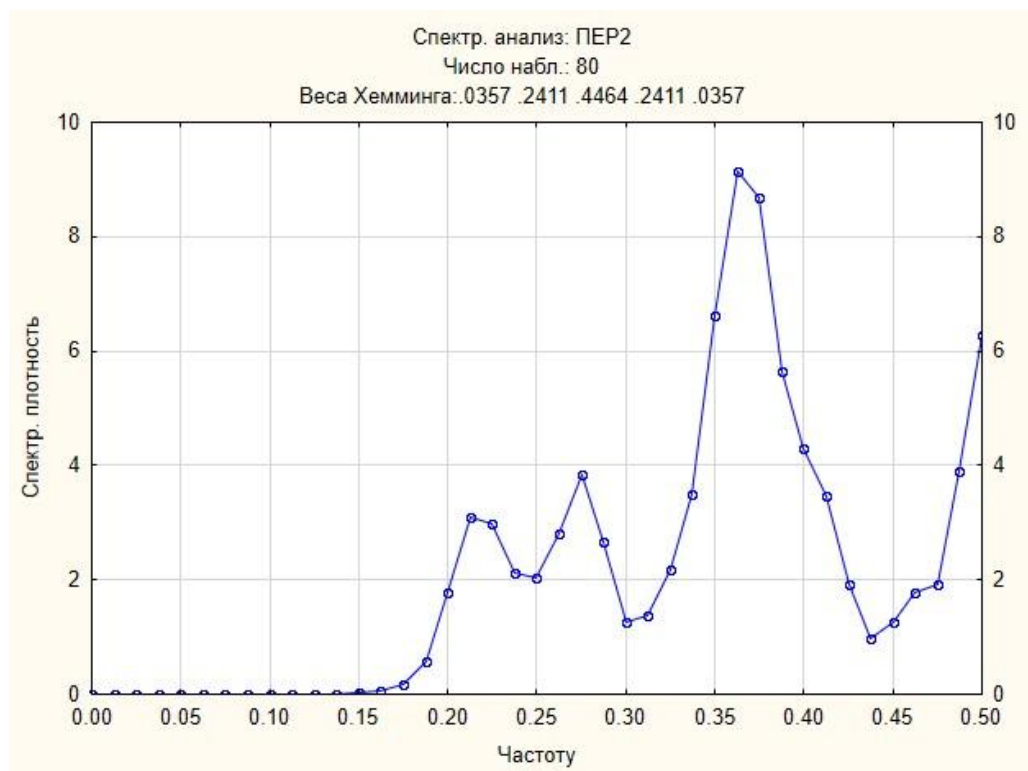


Рисунок 3.4.27 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на метеостанции Дудинка $\omega=1.25$ рад/год

АМСГ-2 Хатанга

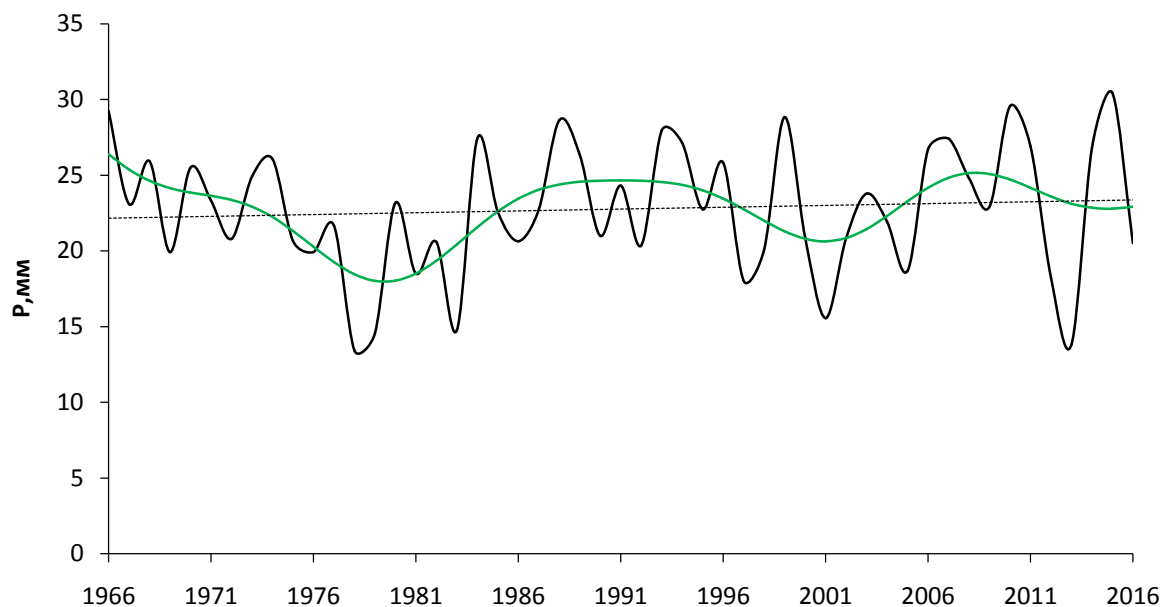


Рисунок 3.4.28 - Реализация среднегодовых атмосферных осадков на АМСГ-2 Хатанга.

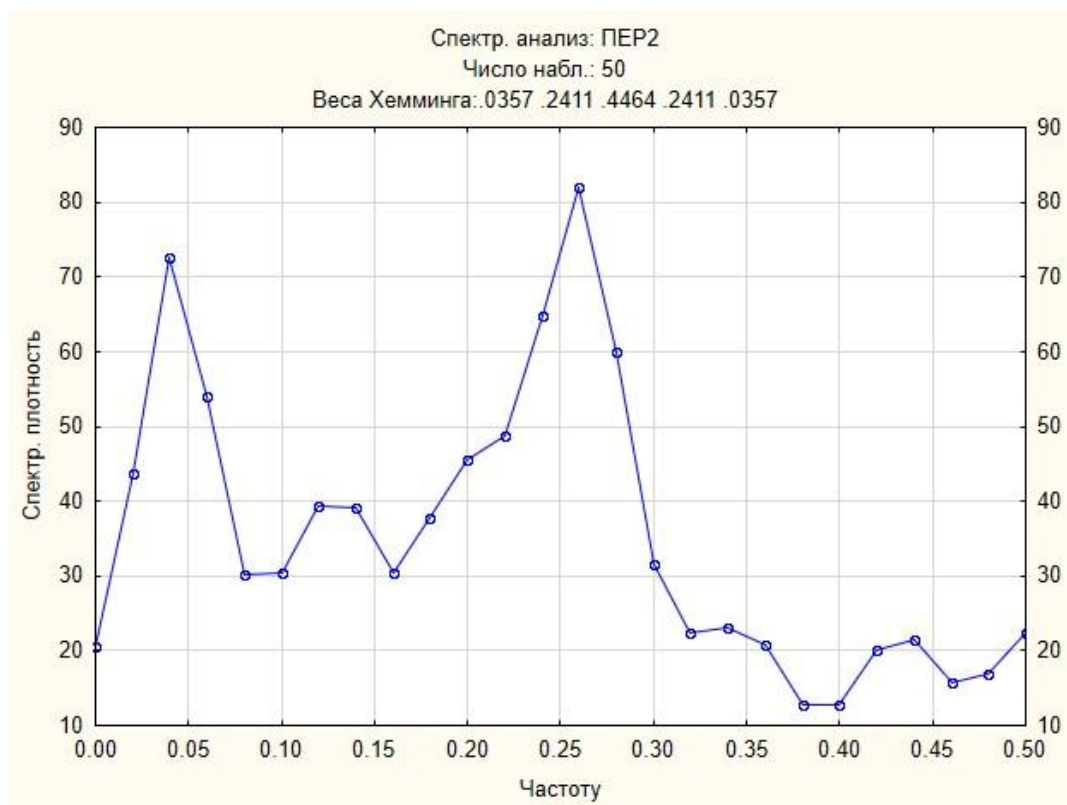


Рисунок 3.4.29 - Оценка спектральной плотности среднегодовых атмосферных осадков на АМСГ-2 Хатанга.

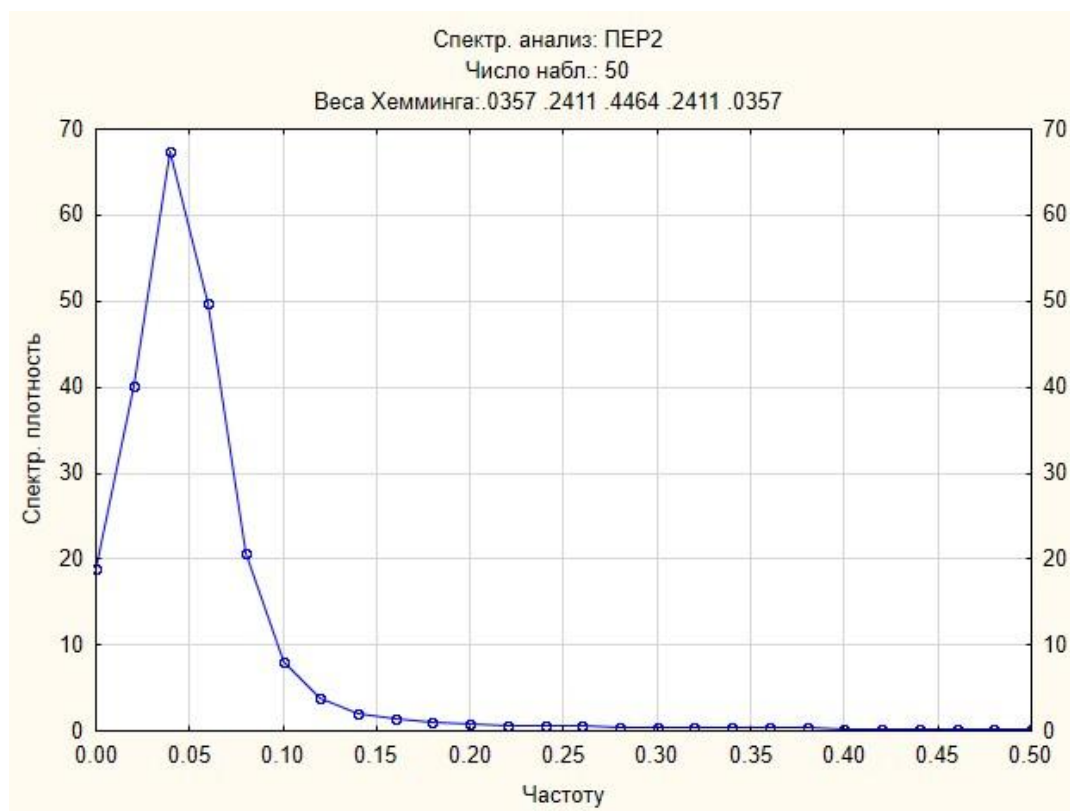


Рисунок 3.4.30 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на АМСГ-2 Хатанга $\omega=0.57$ рад/год.

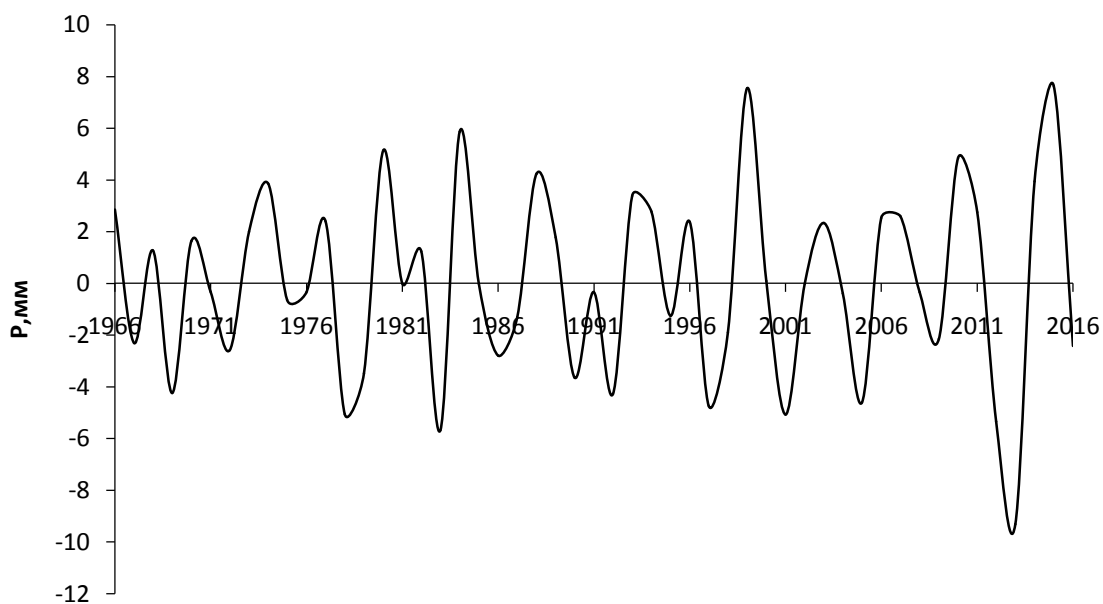


Рисунок 3.4.31 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на АМСГ-2 Хатанга $\omega=0.57$ рад/год.

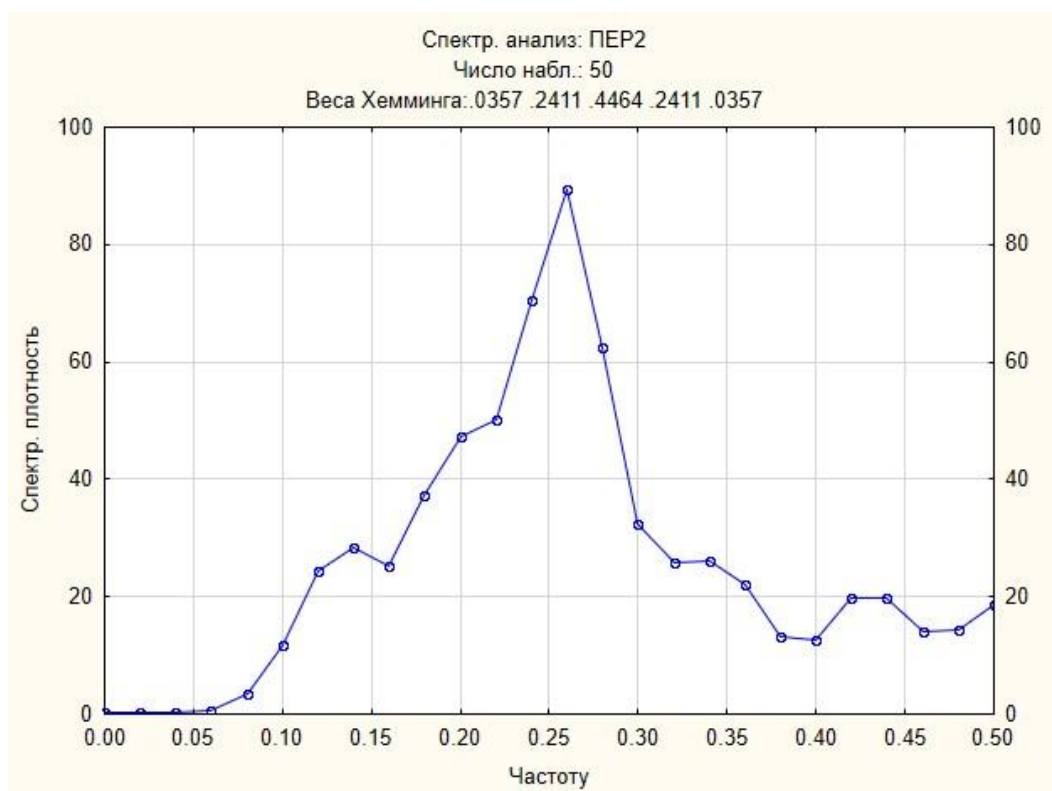


Рисунок 3.4.32 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на АМСГ-2 Хатанга $\omega=0.57$ рад/год.

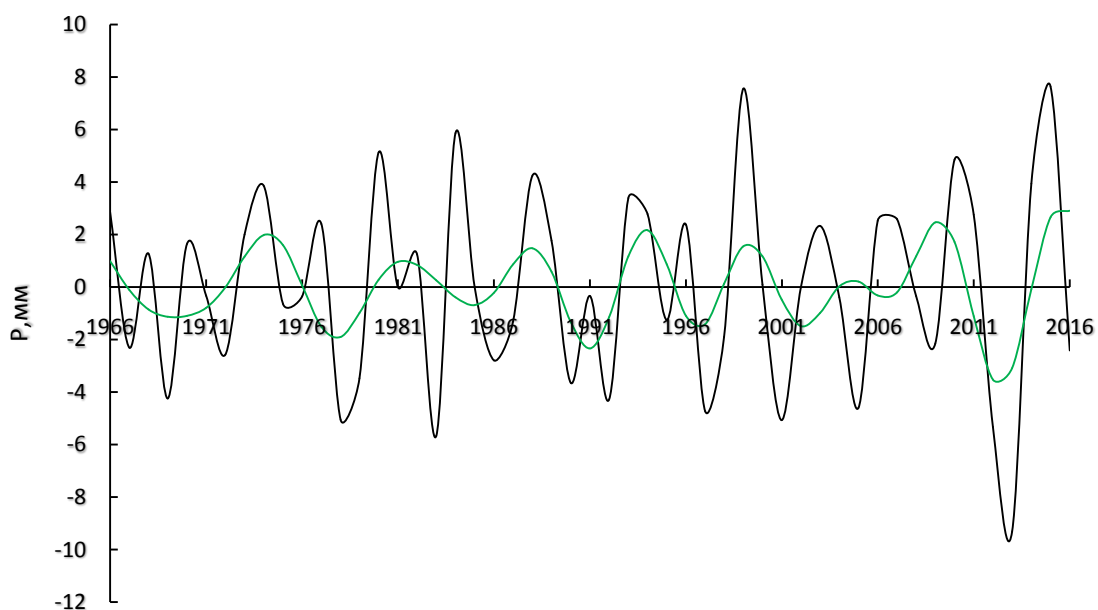


Рисунок 3.4.33 - Низкочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на АМСГ-2 Хатанга $\omega=1.25$ рад/год.

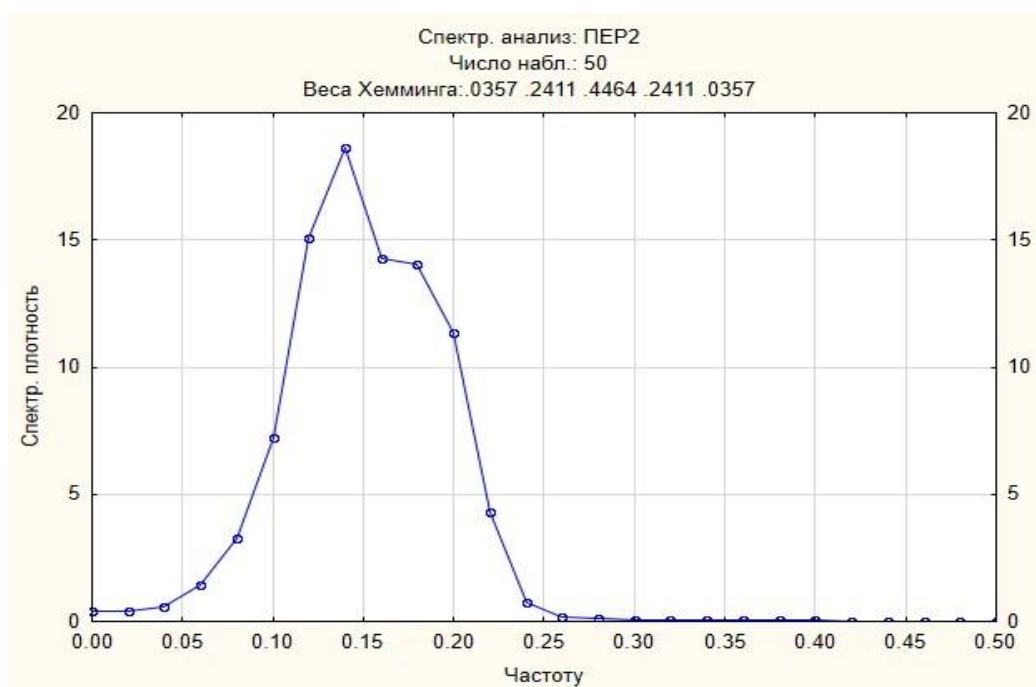


Рисунок 3.4.34 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на АМСГ-2 Хатанга $\omega=1.25$ рад/год.

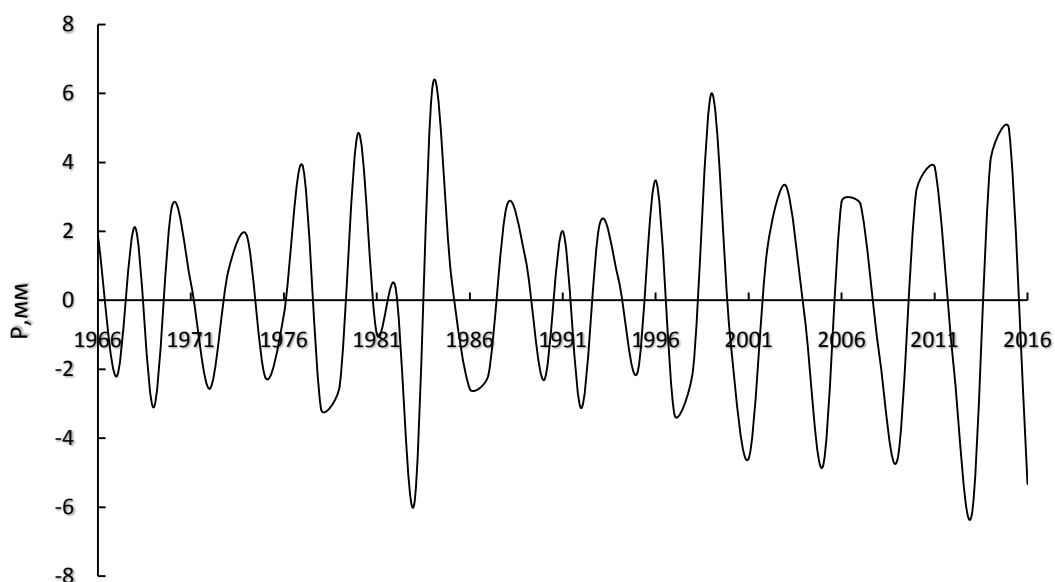


Рисунок 3.4.35 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на АМСГ-2 Хатанга $\omega=1.25$ рад/год.

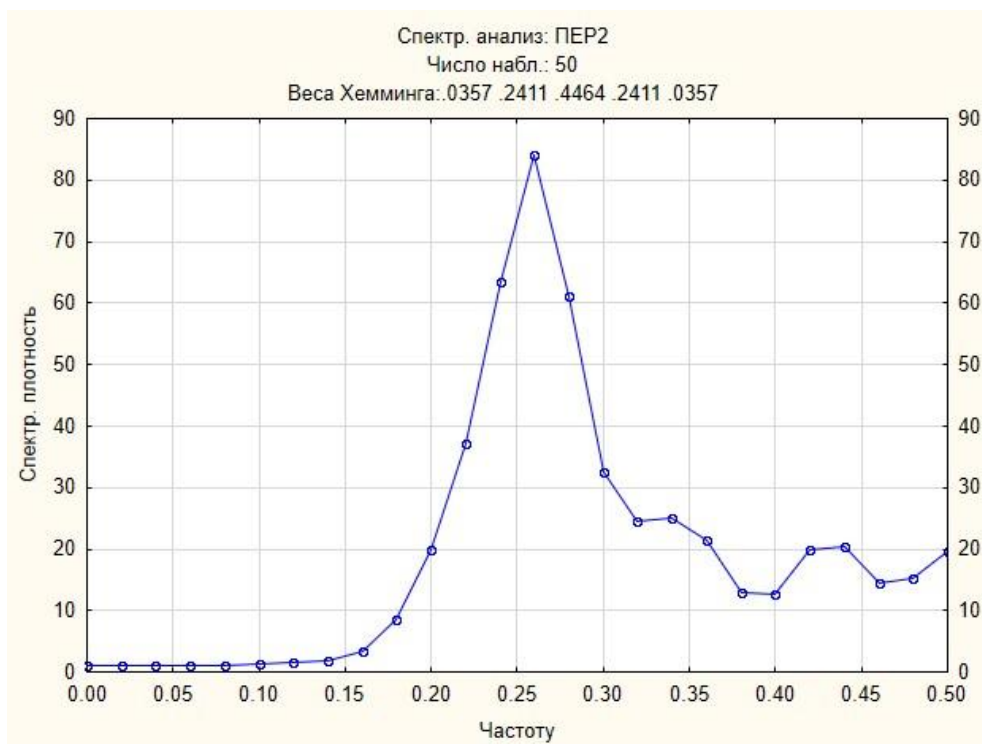


Рисунок 3.4.36 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых атмосферных осадков на АМСГ-2 Хатанга $\omega=1.25$ рад/год.

3.5 Выделение трендов рядов атмосферных осадков с помощью фильтра Баттерворта.

ТДС Агата

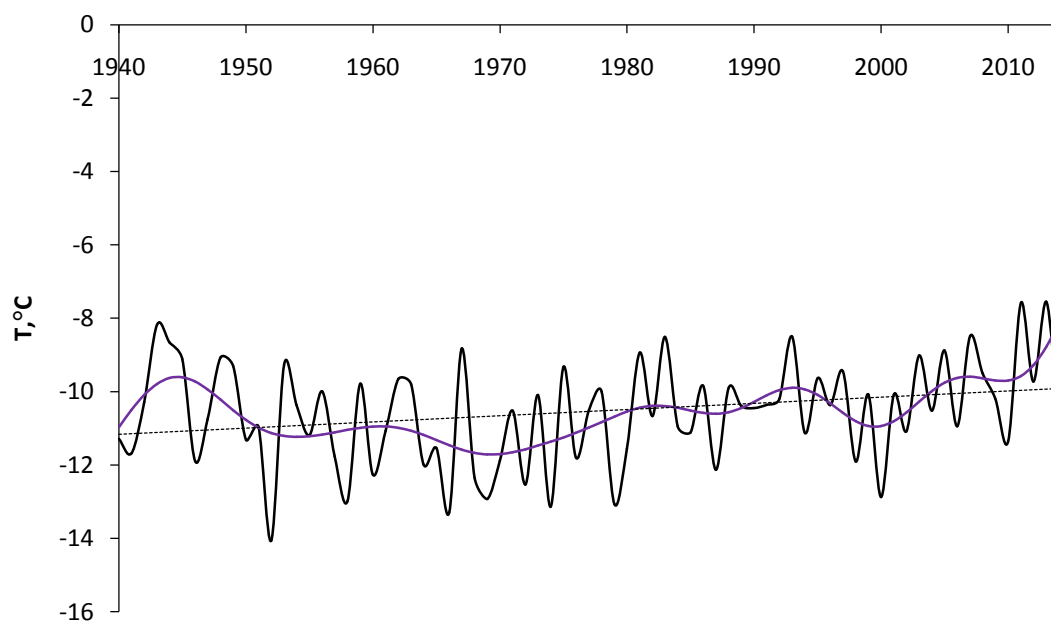


Рисунок 3.5.1 - Реализация среднегодовых температур на ТДС Агата.

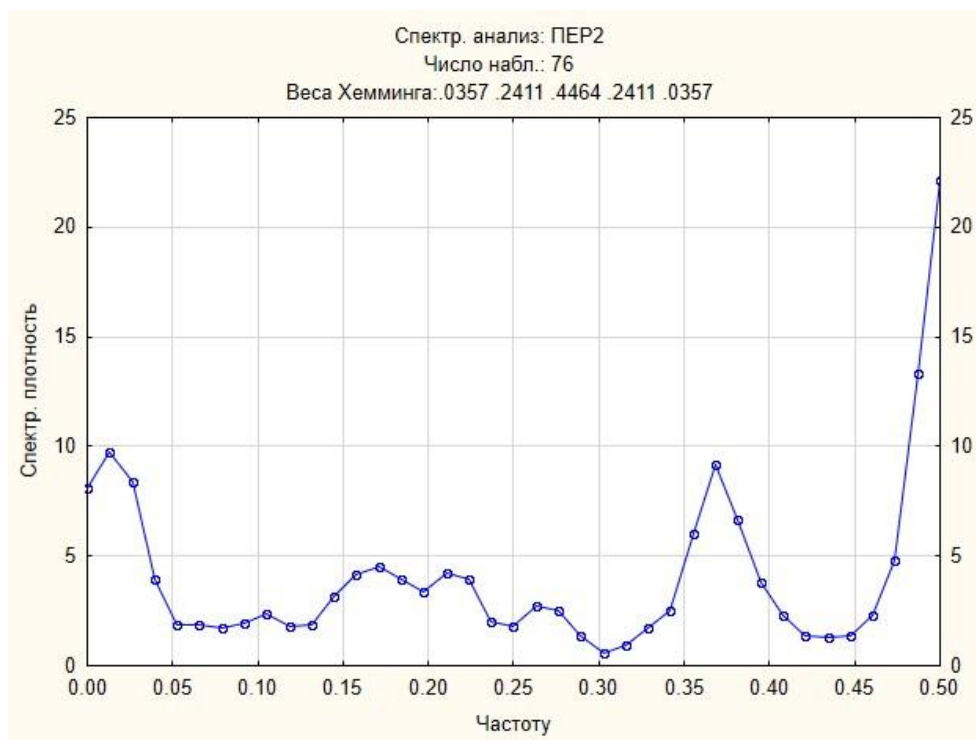


Рисунок 3.5.2 - Оценка спектральной плотности среднегодовых температур на ТДС Агата.

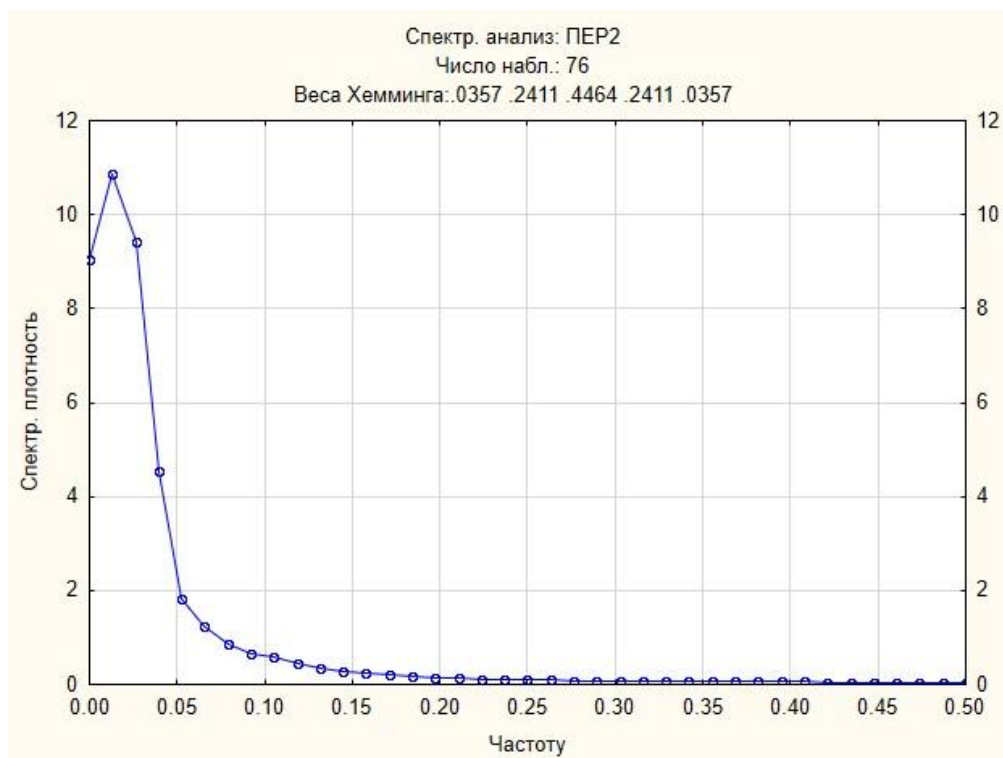


Рисунок 3.5.3 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на ТДС Агата $\omega=0.57$ рад/год.

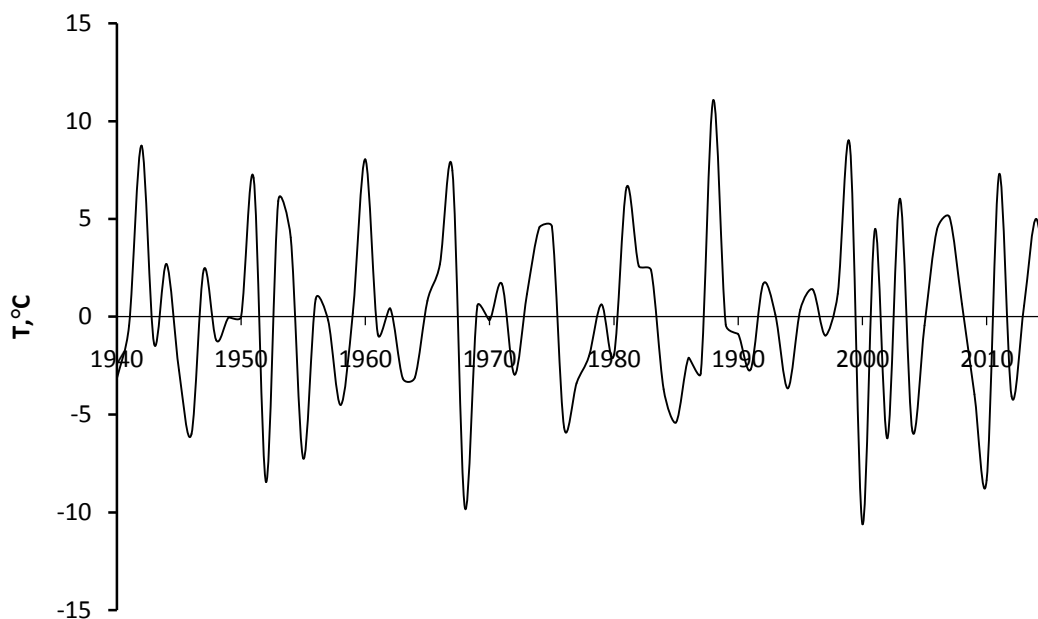


Рисунок 3.5.4 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температур на ТДС Агата $\omega=0.57$ рад/год.

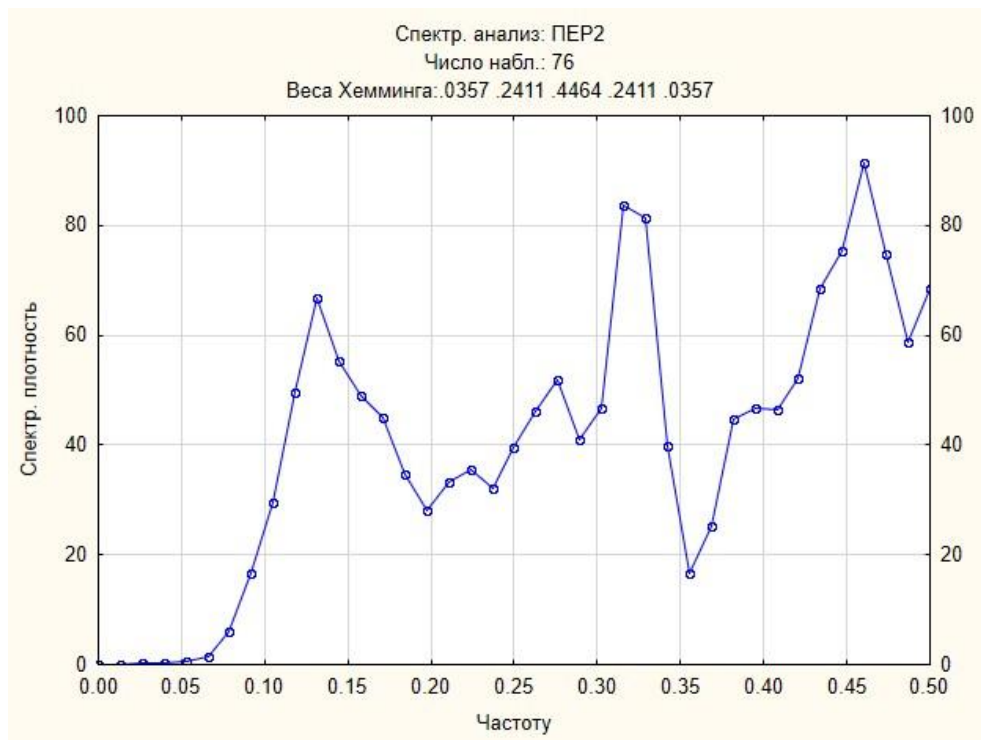


Рисунок 3.5.5 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на ТДС Агата $\omega=0.57$ рад/год.

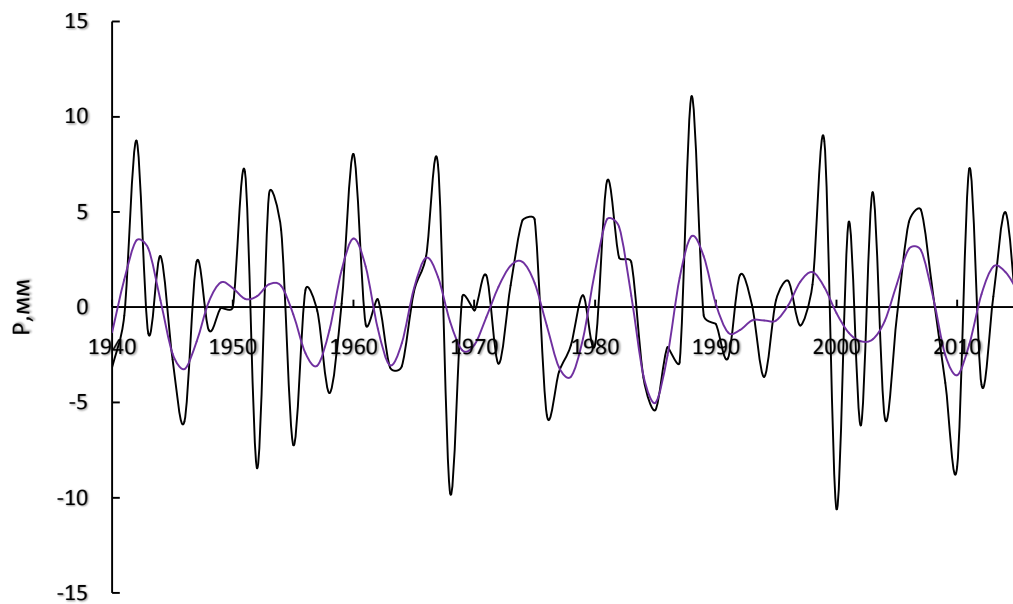


Рисунок 3.5.6 - Низкочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температур на ТДС Агата $\omega=1.25$ рад/год.

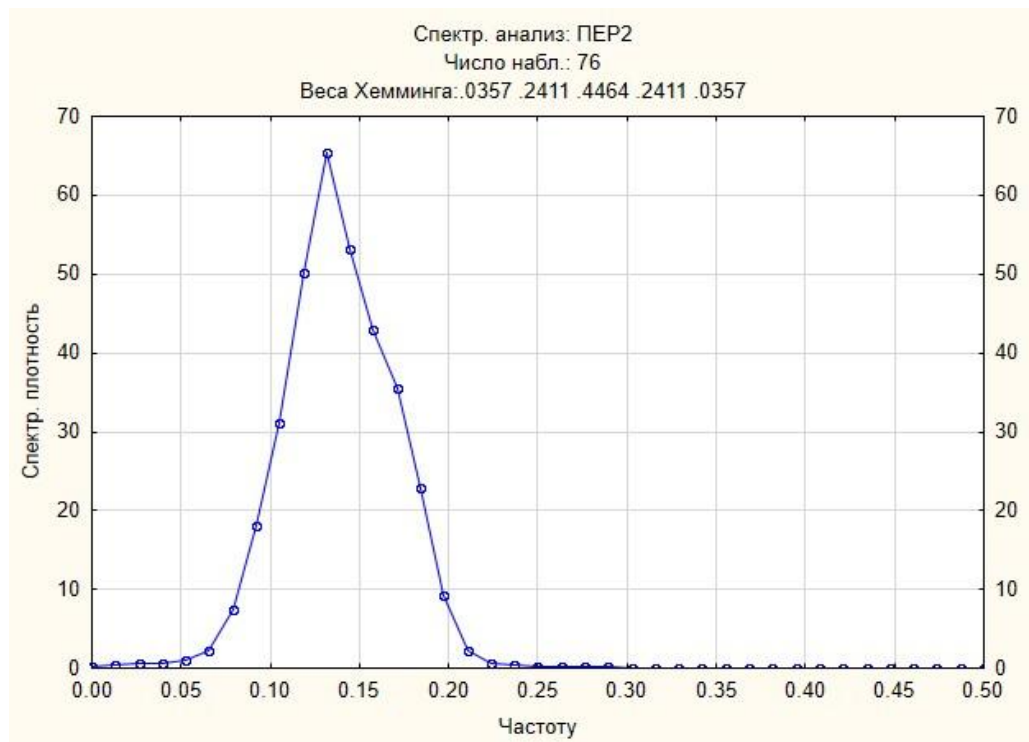


Рисунок 3.5.7 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на ТДС Агата $\omega=1.25$ рад/год.

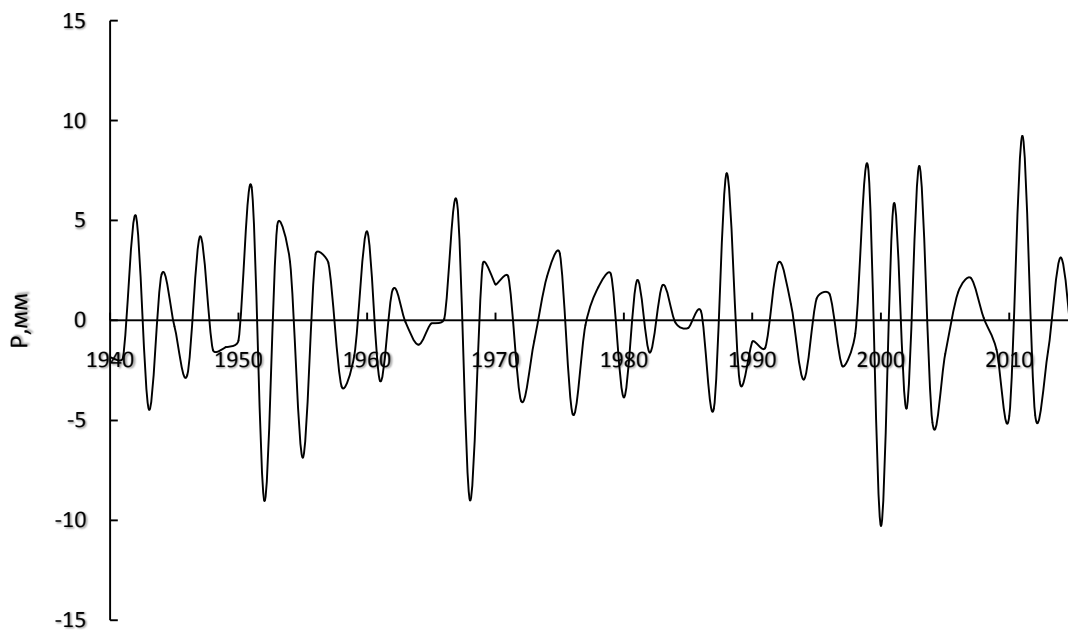


Рисунок 3.5.8 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температурна ТДС Агата $\omega=1.25$ рад/год.

Метеостанция Волочанка

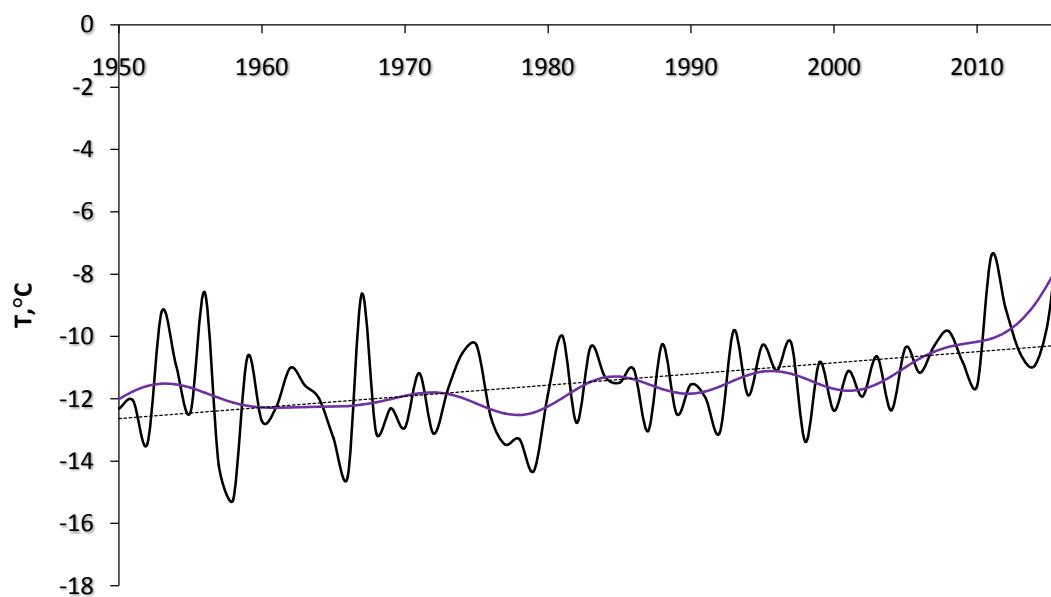


Рисунок 3.5.9 - Реализация среднегодовых температур на метеостанции Волочанка.

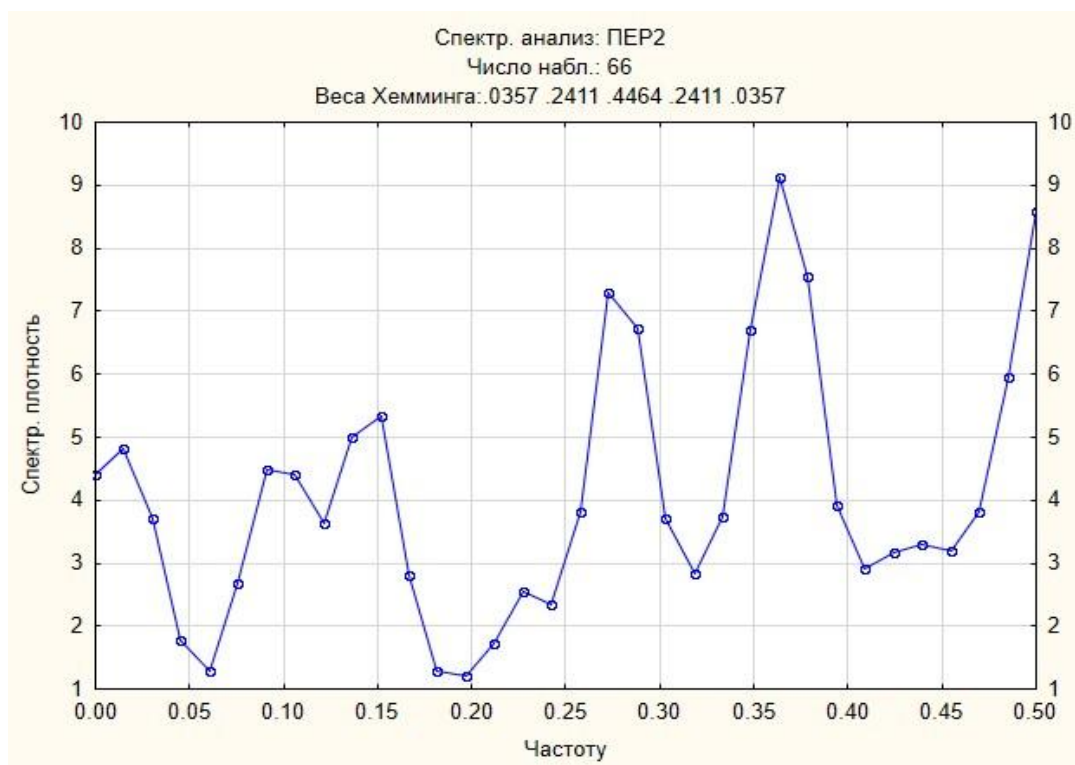


Рисунок 3.5.10 - Оценка спектральной плотности среднегодовых температур на метеостанции Волочанка.

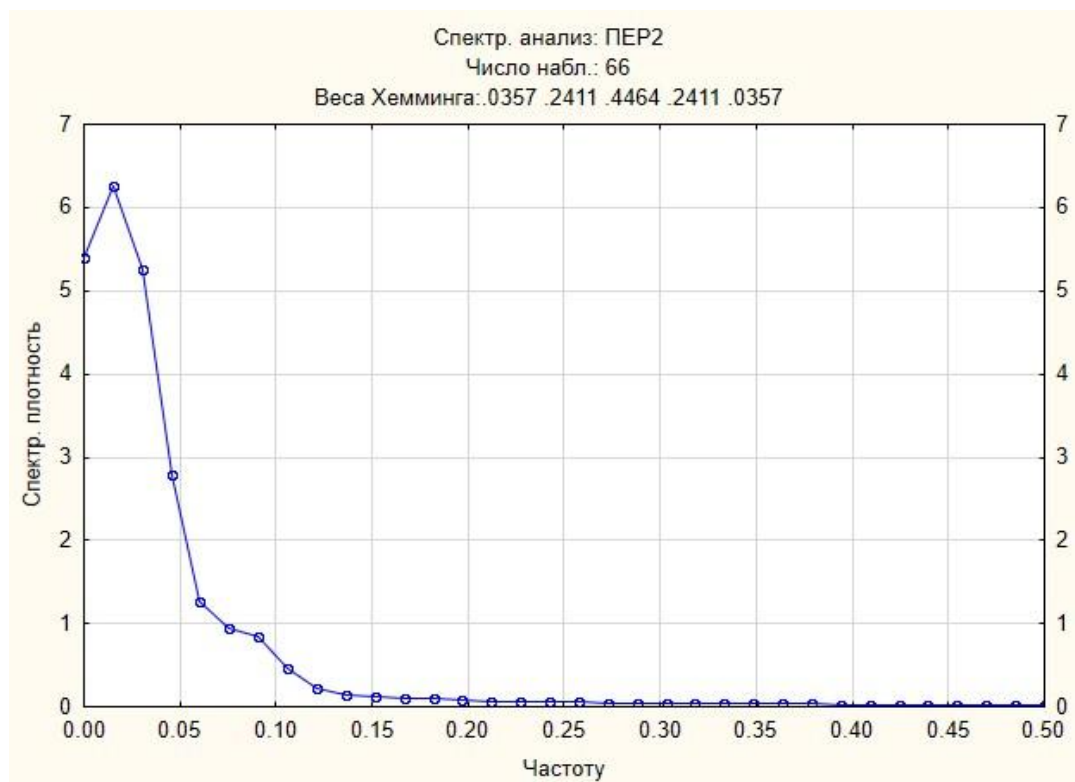


Рисунок 3.5.11 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на метеостанции Волочанка $\omega=0.57$ рад/год.

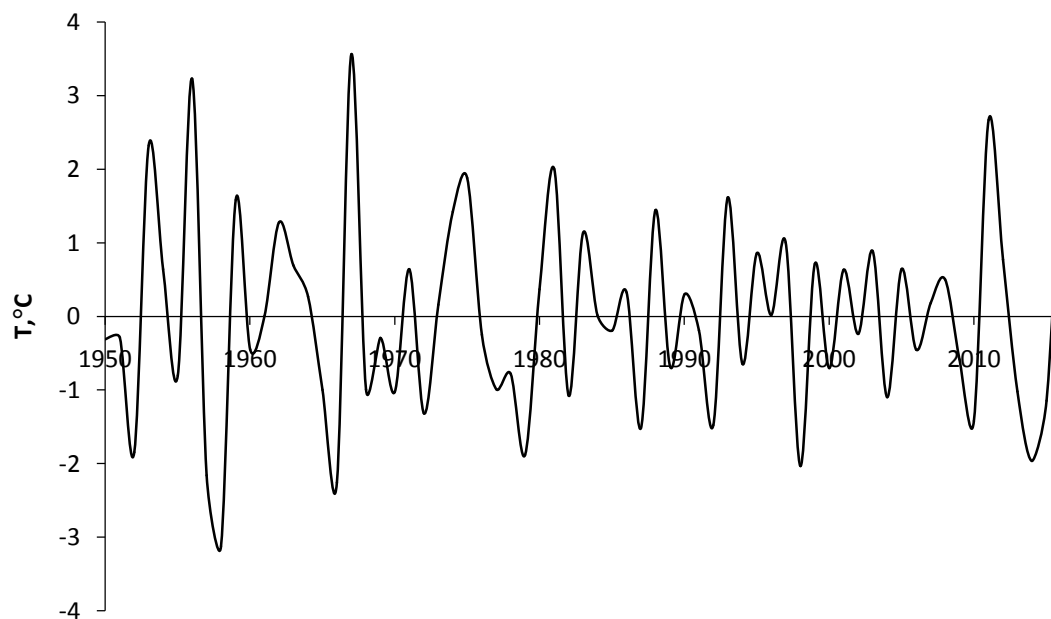


Рисунок 3.5.12 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температурна метеостанции Волочанка $\omega=0.57$ рад/год.

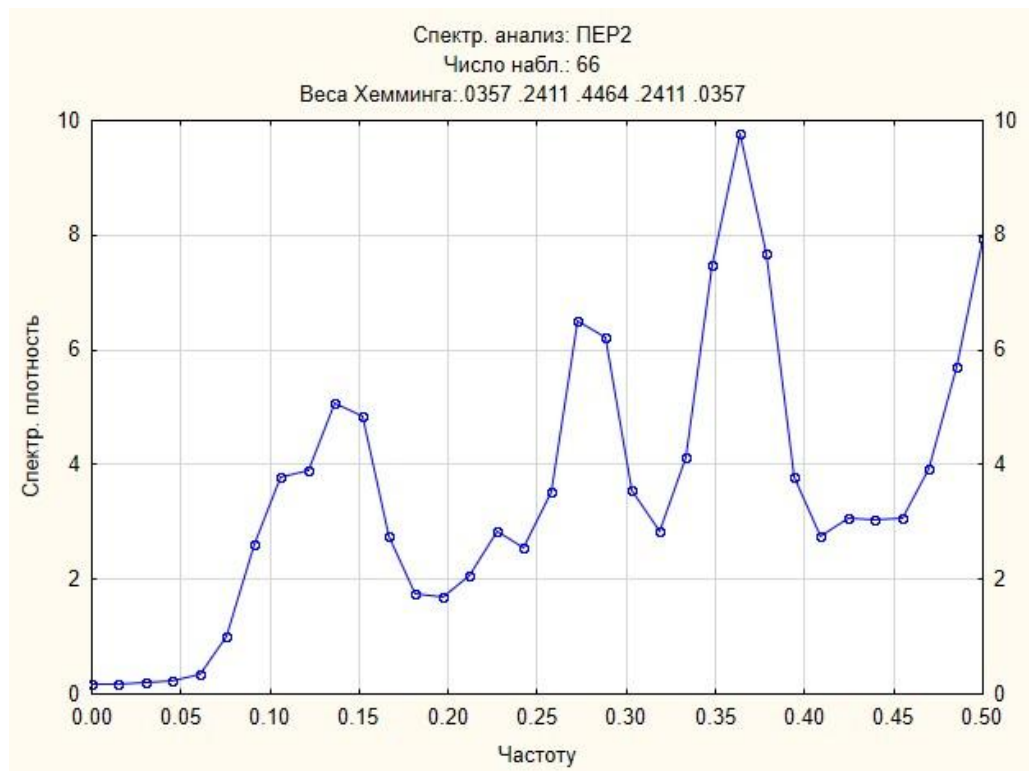


Рисунок 3.5.13 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на метеостанции Волочанка $\omega=0.57$ рад/год.

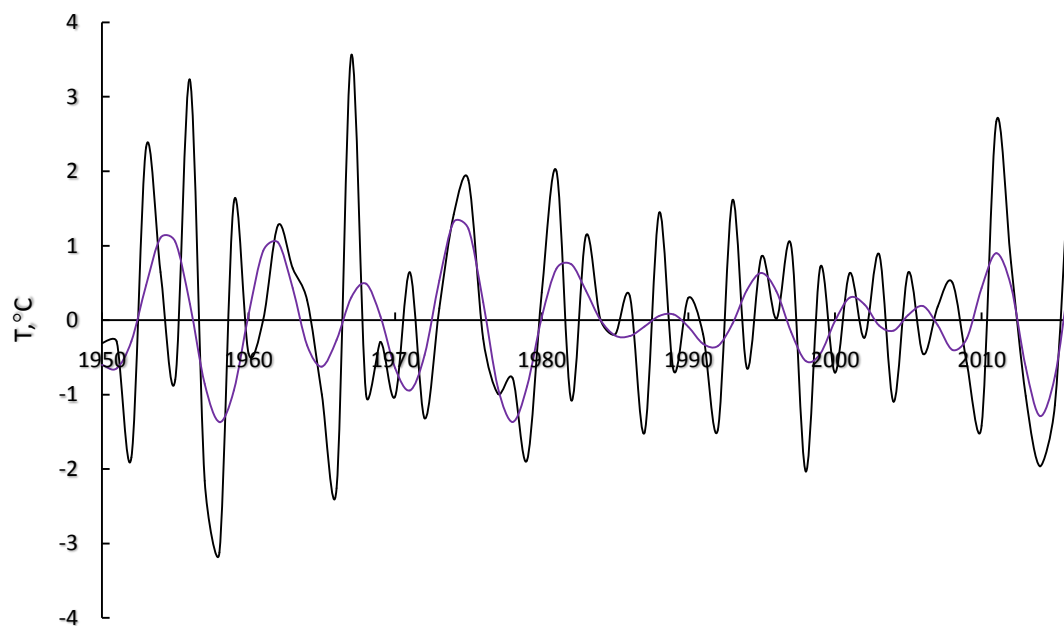


Рисунок 3.5.14 - Низкочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температурна метеостанции Волочанка $\omega=1.25$ рад/год.

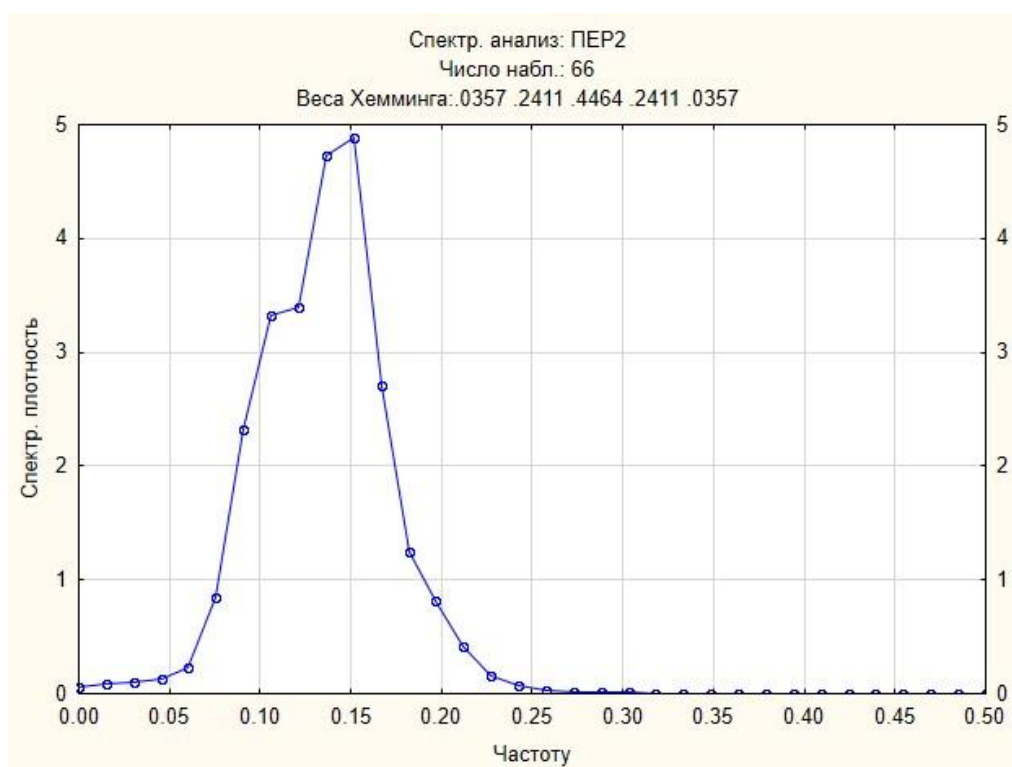


Рисунок 3.5.15 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на метеостанции Волочанка $\omega=1.25$ рад/год.

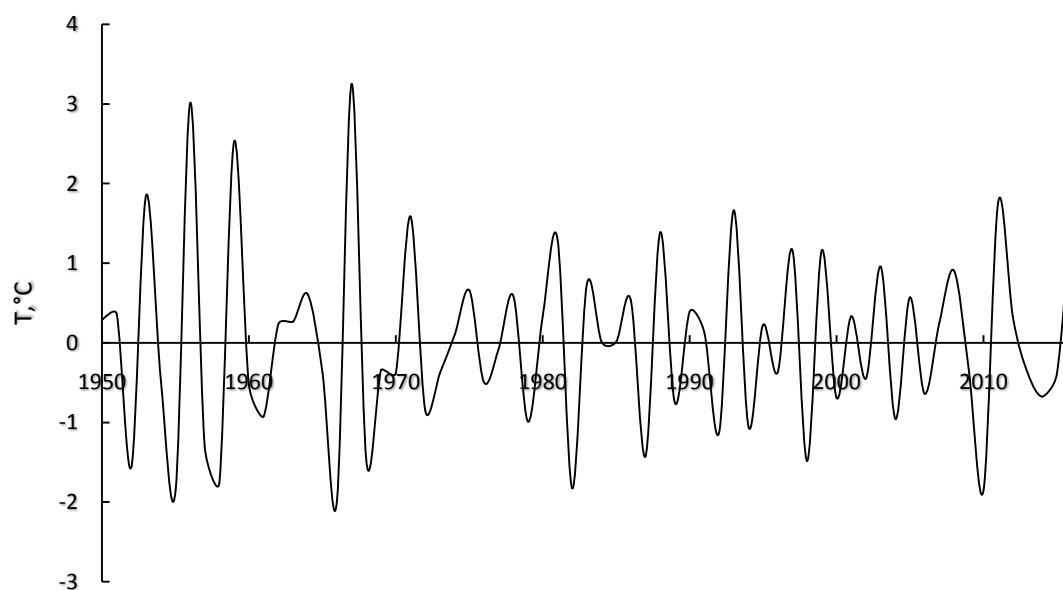


Рисунок 3.5.16 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температурна метеостанции Волочанка $\omega=1.25$ рад/год.

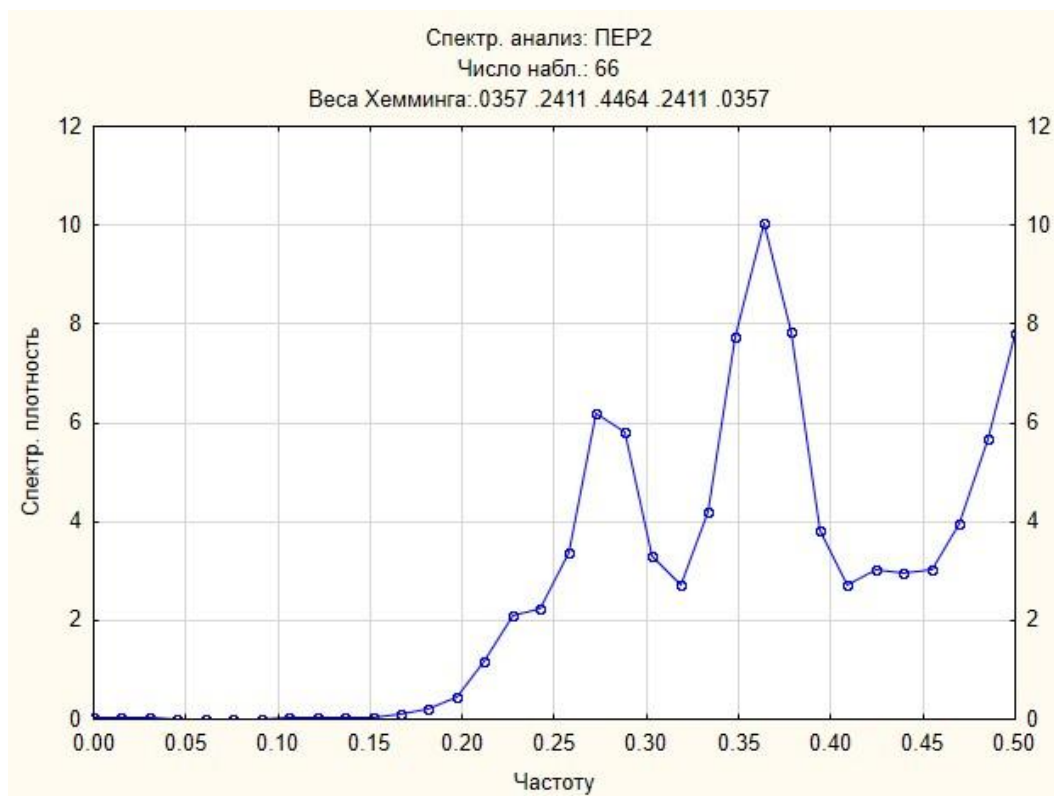


Рисунок 3.5.17 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на метеостанции Волочанка $\omega=1.25$ рад/год.

Метеостанция Дудинка

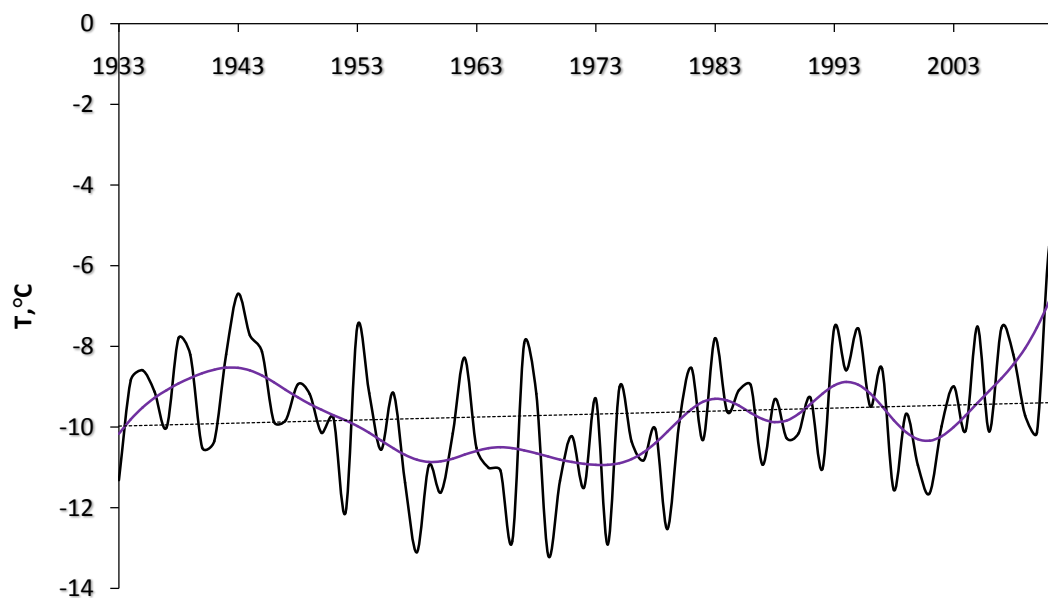


Рисунок 3.5.18 - Реализация среднегодовых температур на метеостанции Дудинка.

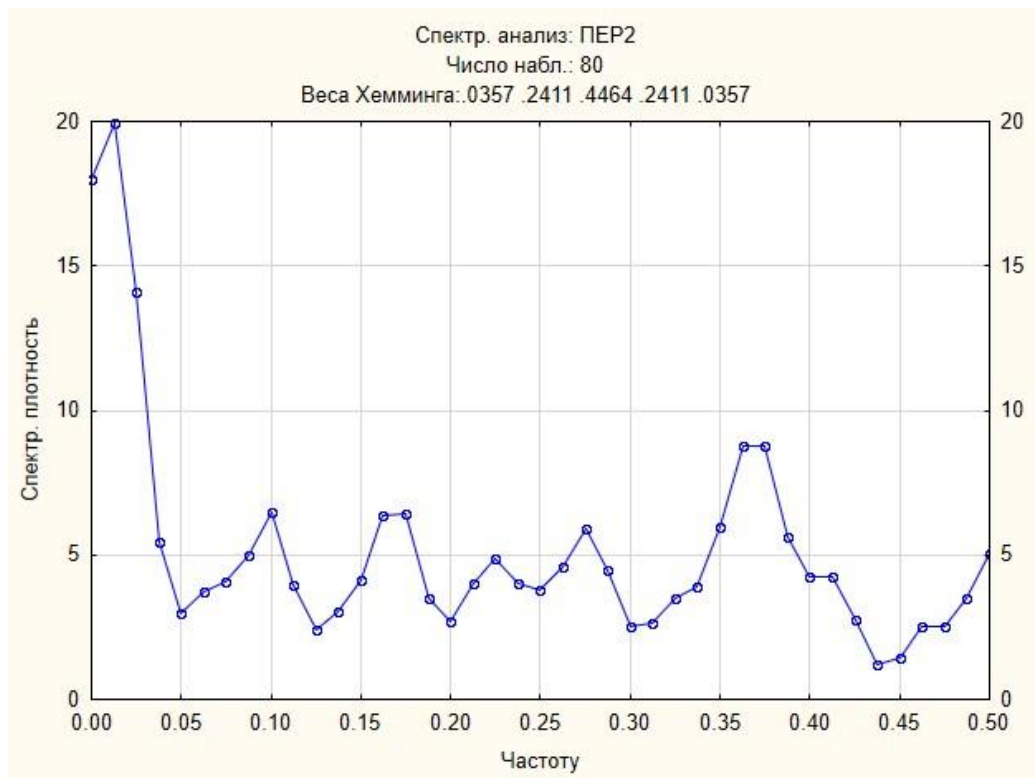


Рисунок 3.5.19 - Оценка спектральной плотности среднегодовых температур на метеостанции Дудинка.

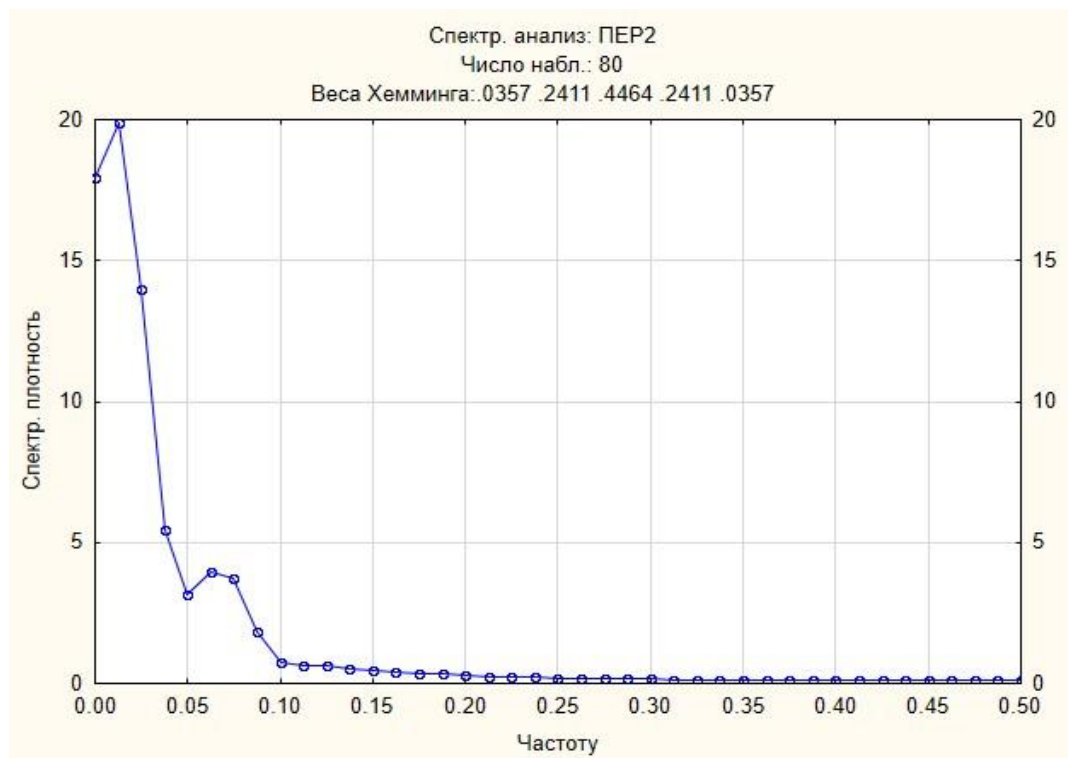


Рисунок 3.5.20 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на метеостанции Дудинка $\omega=0.57$ рад/год.

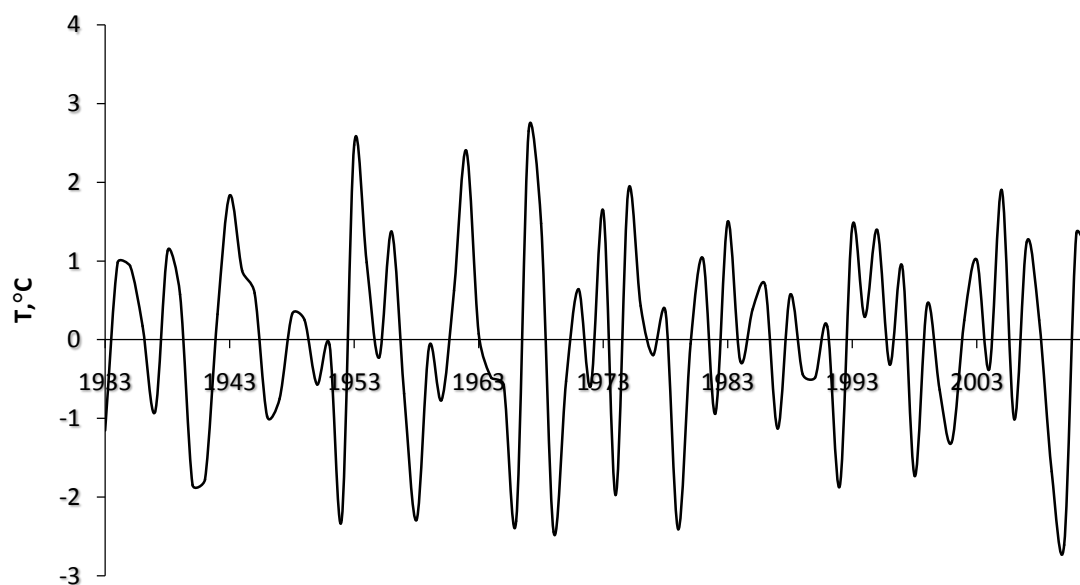


Рисунок 3.5.21 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температурна метеостанции Дудинка $\omega=0.57$ рад/год.

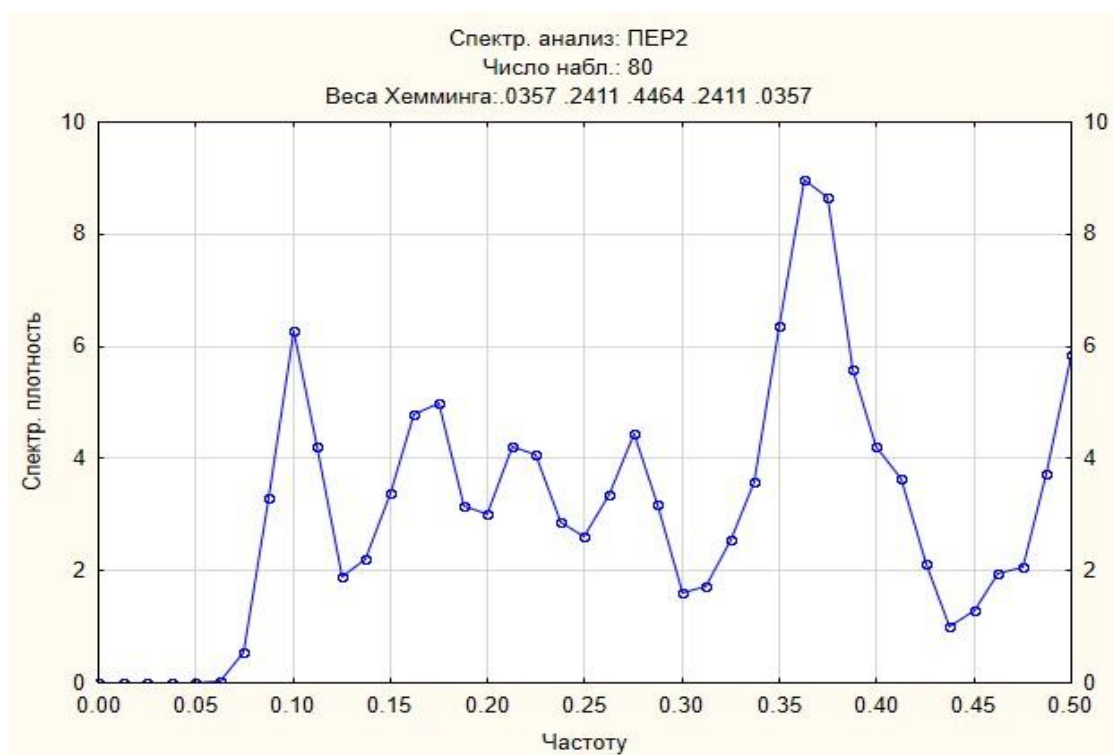


Рисунок 3.5.22 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на метеостанции Дудинка $\omega=0.57$ рад/год.

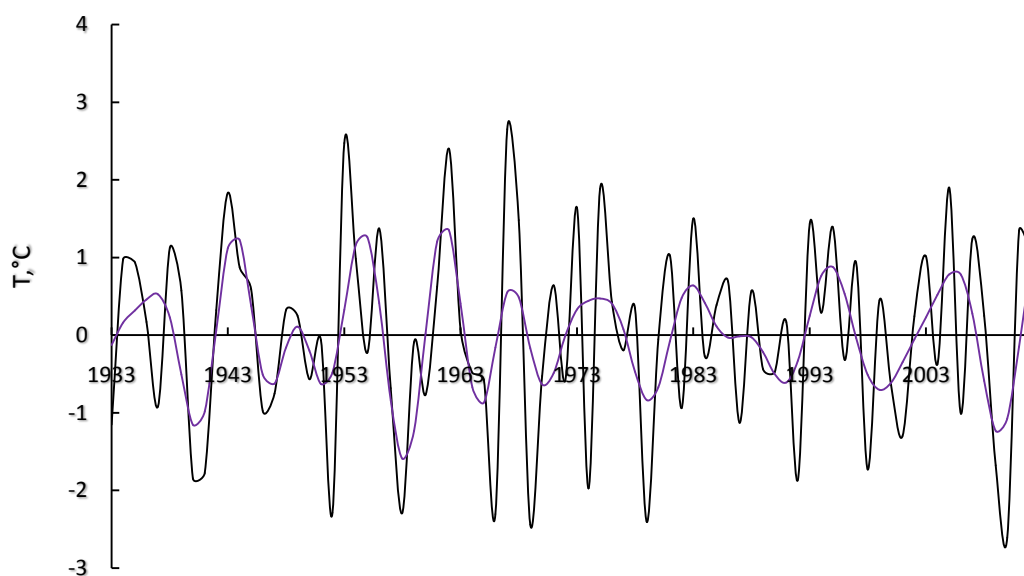


Рисунок 3.5.23 - Низкочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температурна метеостанции Дудинка $\omega=1.25$ рад/год.

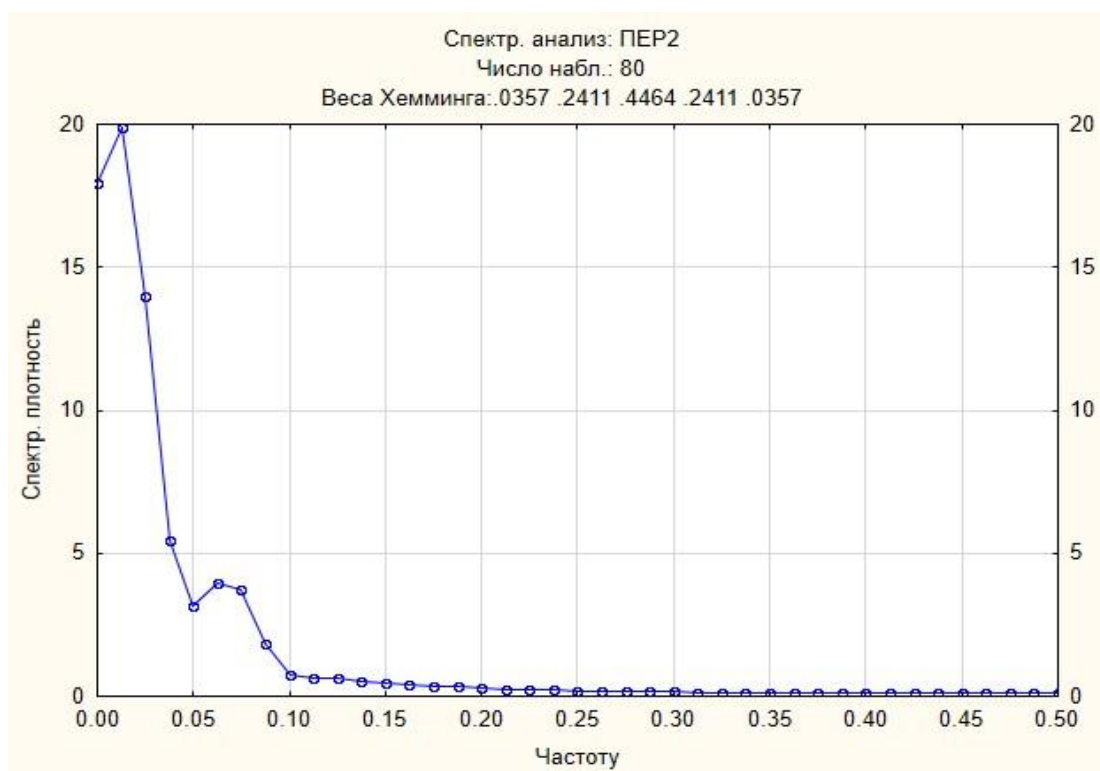


Рисунок 3.5.24 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на метеостанции Дудинка $\omega=1.25$ рад/год.

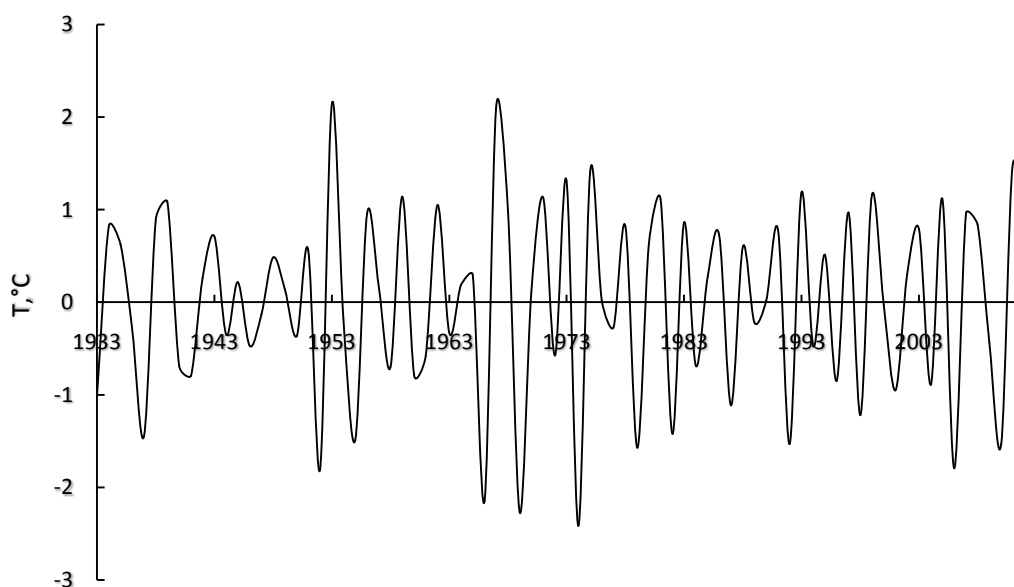


Рисунок 3.5.25 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температурна метеостанции Дудинка $\omega=1.25$ рад/год.

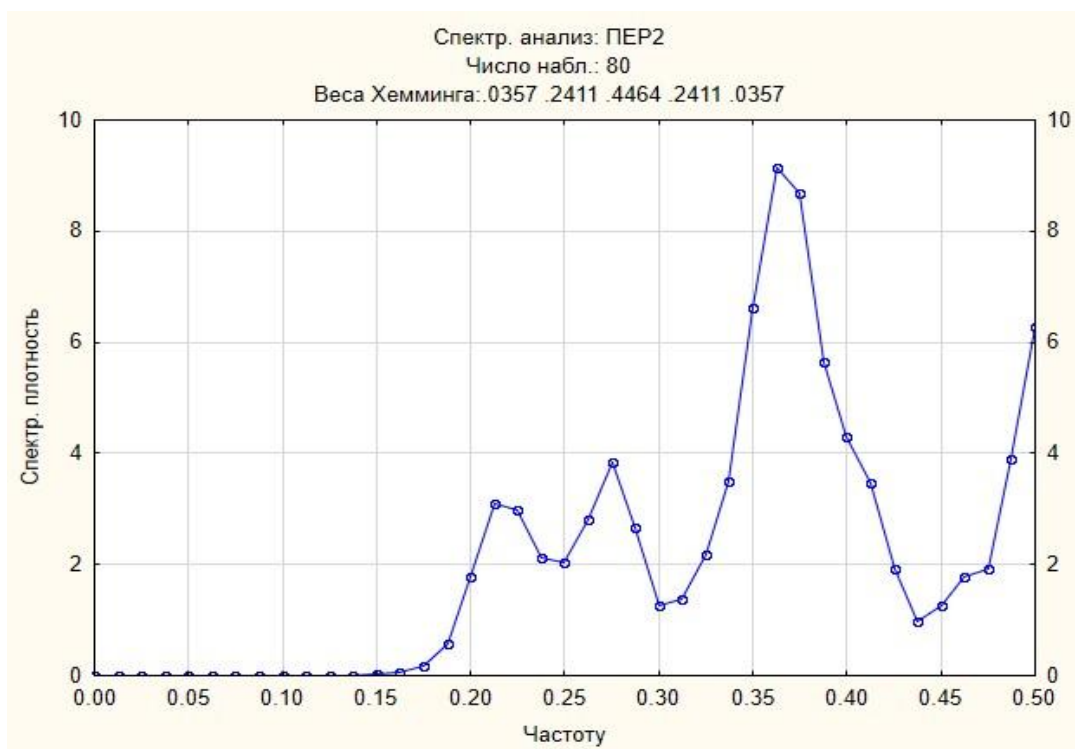


Рисунок 3.5.26 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на метеостанции Дудинка $\omega=1.25$ рад/год.

АМСГ-2 Хатанга

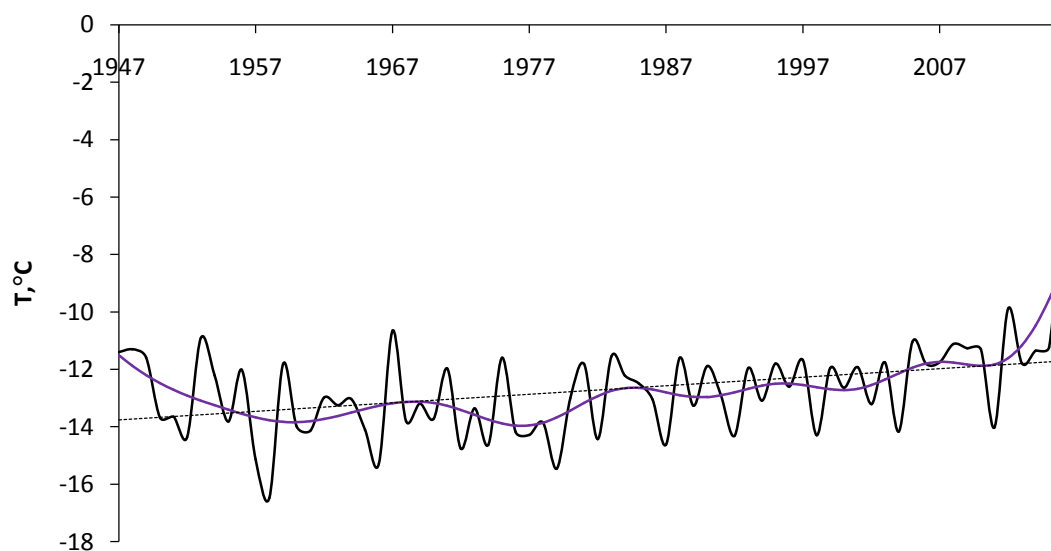


Рисунок 3.5.27 - Реализация среднегодовых температур на АМСГ-2 Хатанга.

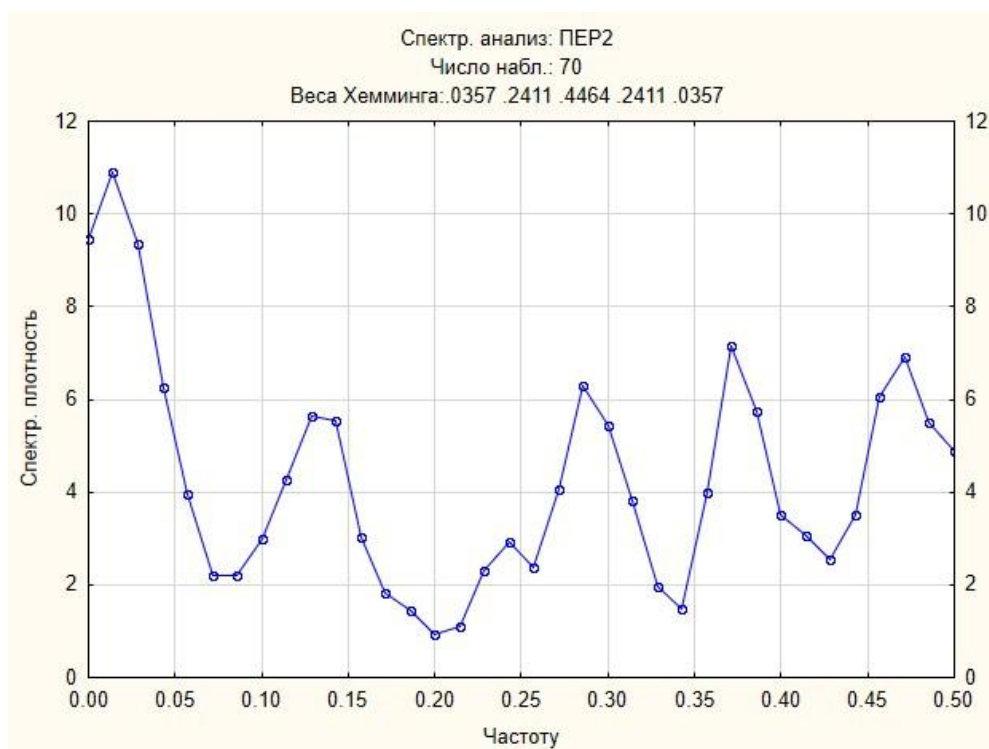


Рисунок 3.5.28 - Оценка спектральной плотности среднегодовых температур на АМСГ-2 Хатанга.

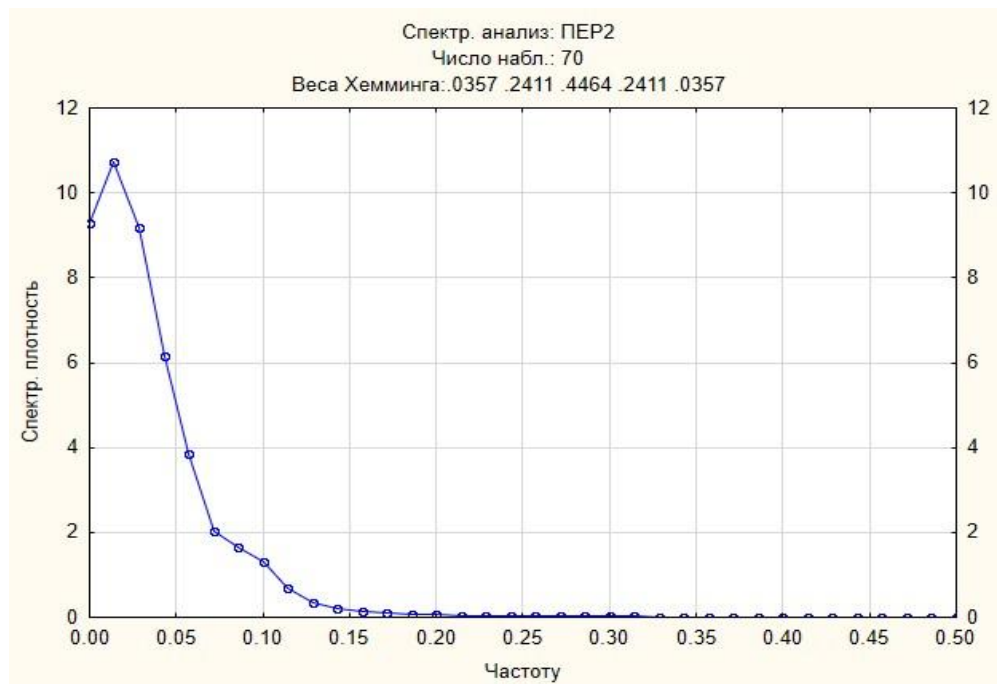


Рисунок 3.5.29 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на АМСГ-2 Хатанга $\omega=0.57$ рад/год.

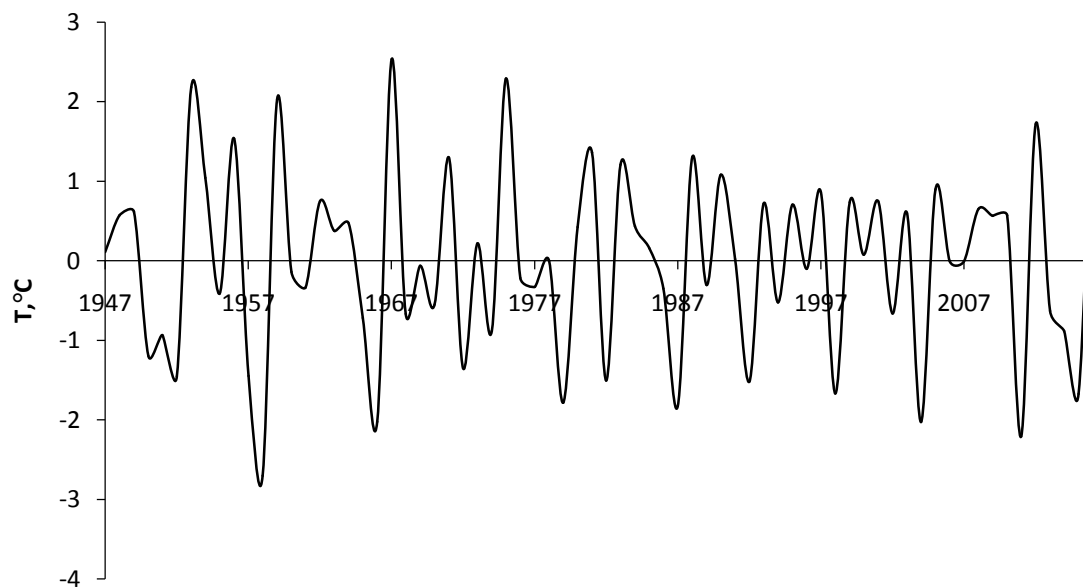


Рисунок 3.5.30 - Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температурна АМСГ-2 Хатанга $\omega=0.57$ рад/год.

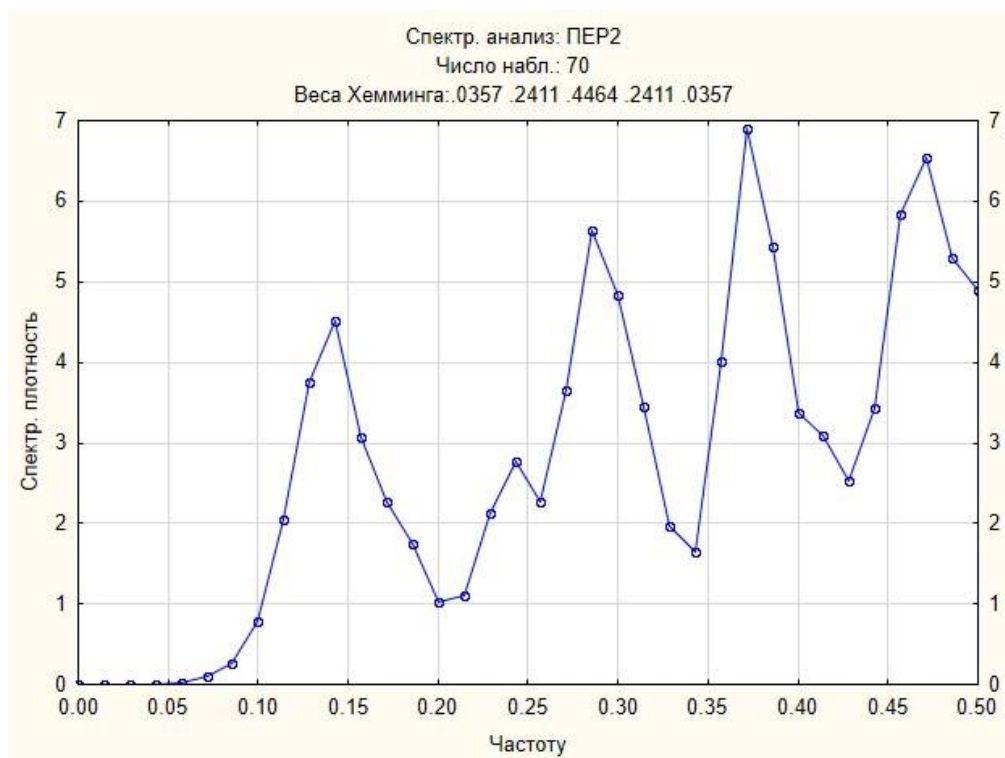


Рисунок 3.5.31 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на АМСГ-2 Хатанга $\omega=0.57$ рад/год.

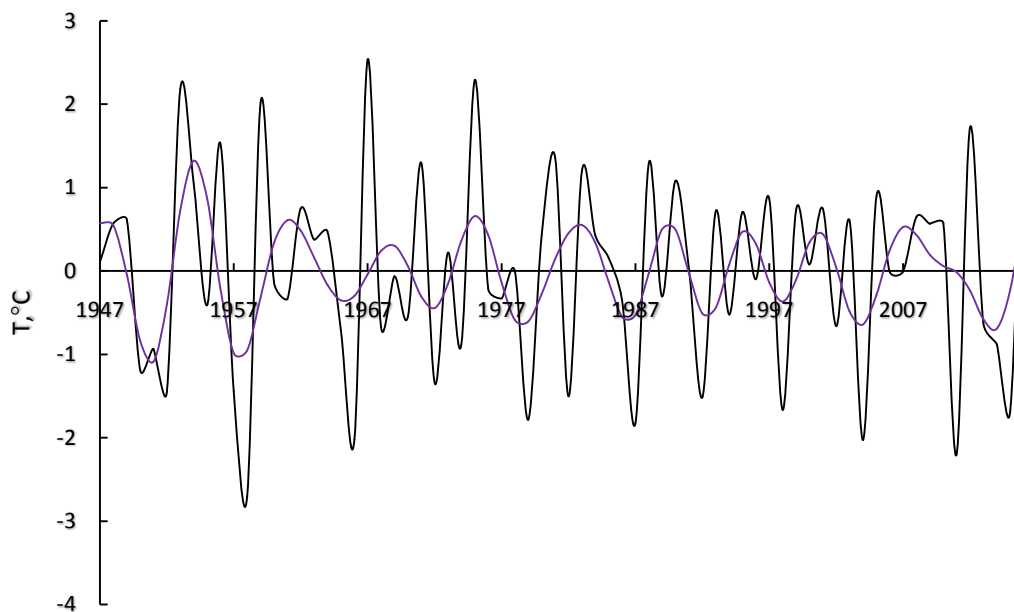


Рисунок 3.5.32 - Низкочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температурна АМСГ-2 Хатанга $\omega=1.25$ рад/год.

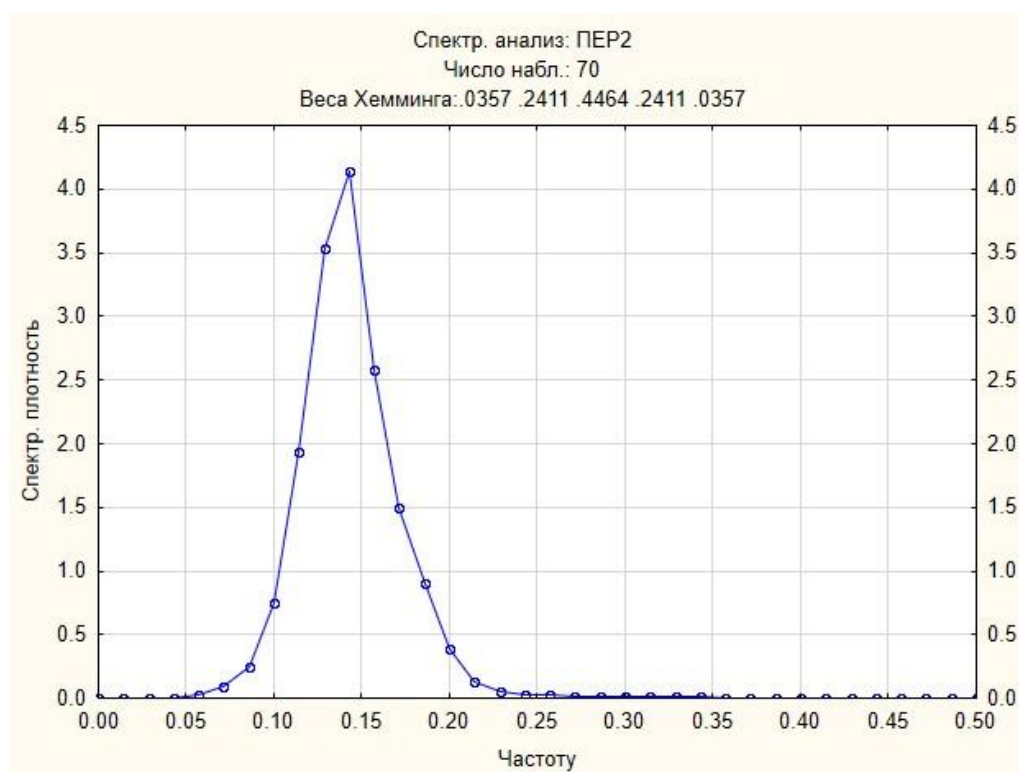


Рисунок 3.5.33 - Оценка спектральной плотности низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на АМСГ-2 Хатанга $\omega=1.25$ рад/год.

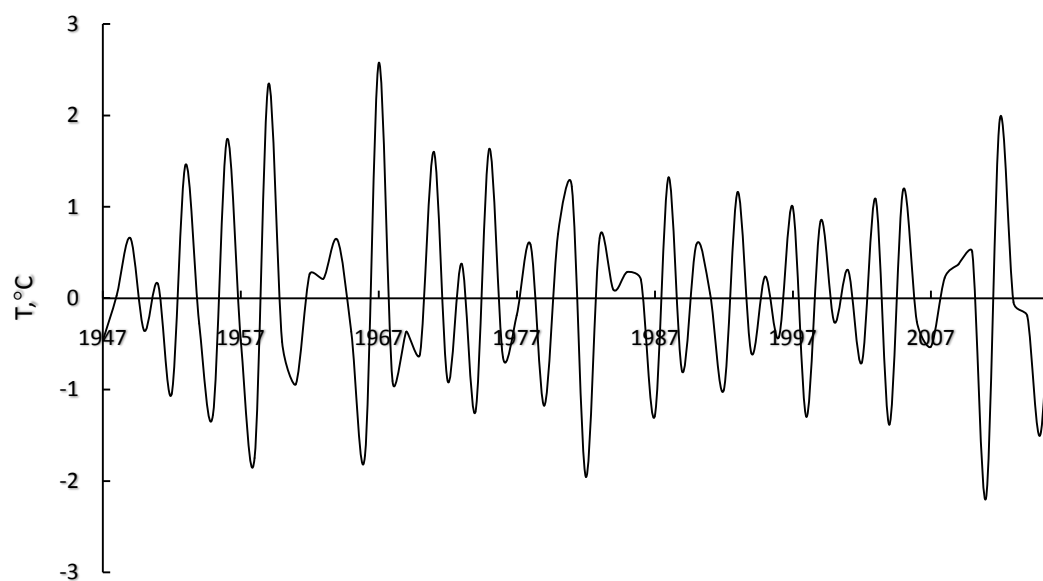


Рисунок 3.5.34 -Высокочастотная фильтрация Баттерворта среднегодовых температурна АМСГ-2 Хатанга $\omega=1.25$ рад/год.

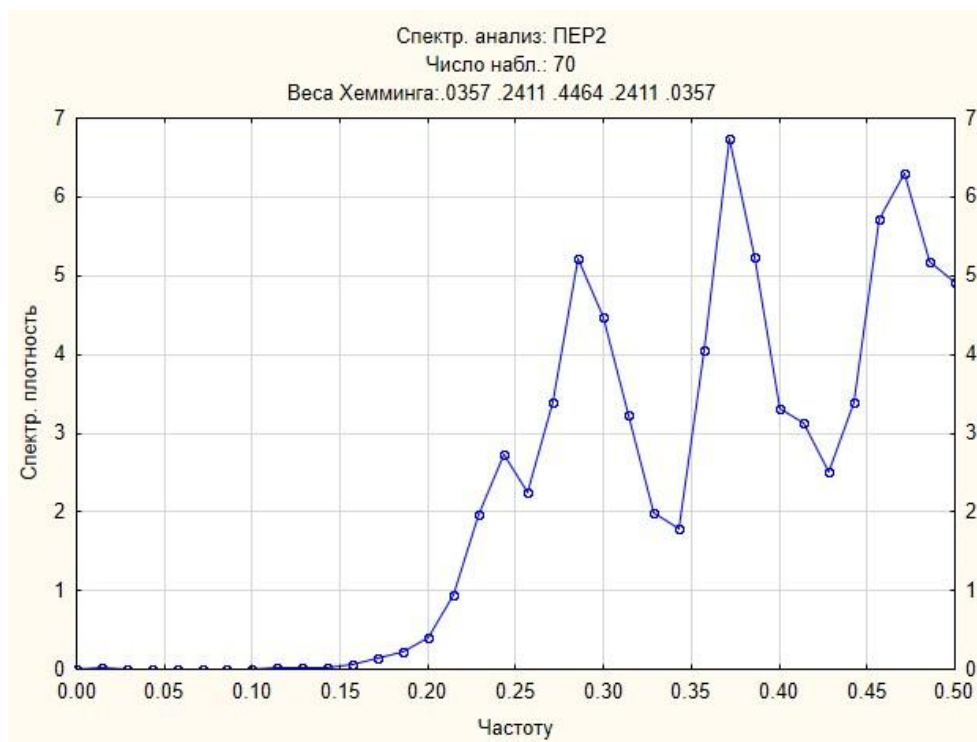


Рисунок 3.5.35 - Оценка спектральной плотности высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых температур на АМСГ-2 Хатанга $\omega=1.25$ рад/год.

Как видно из графиков средних годовых сумм осадков и температур фильтр Баттерворта АМСГ- 2 Хатанга в основном согласуется с метеостанцией Волочанка, а ТДС Агата с метеостанцией Дудинка, ввиду их географического положения. За совместный период наблюдений с 1972 по 2012 гг. можно отметить периоды повышения и понижения среднегодовых сумм осадков.

С 2000 -го года можно отметить рост среднегодовых температур воздуха на всех метеостанциях, что наиболее заметно на графике метеостанции Дудинка.

Результаты фильтрации Баттерворта озера Таймыр в основном согласуется с рядами метеохарактеристик станций Хатанга и Волочанка. С 1972 по 1978 гг наблюдается понижение уровня озера и средних сумм осадков, с 1981 по 1990 годы имеется тенденция на увеличение, как осадков, так и уровня, далее наблюдается уменьшение осадков, что отражается на уровнях воды ().

На **рисунке 2.2.10** изображен ход уровня воды оз. Таймыр. Как видно, до 1970 года наблюдается рост температуры, а далее идет тенденция к понижению, что согласуется с ходом среднегодовой температуры воздуха.

Ряды уровней озера Хантайское хорошо коррелируют с рядами среднегодовых сумм осадков метеостанции Агата, вследствие их близкого расположения друг к другу. До 1975 года идет повышение уровня озера и средних сумм осадков, с 1975-по 1982 наблюдается понижение, после снова рост как осадков, так и уровня. Однако, с 1991 года видно некое различие между рядами, так непрерывный рост уровней озера продолжается вплоть до 1994 года, а кривая среднегодовых сумм осадков тем временем с 1991 года идет на спад. Данное явление можно объяснить наличием собственного микроклимата на каждой территории, причиной возникновения которого являются особенности рельефа плато Путорана.

График среднегодовых температур метеостанции Агата также гармонирует с ходом уровня озера Хантайское. Резкий рост уровней воды соответствует повышению температур данного периода.

Ряды среднегодовых сумм осадков и температур метеостанции Дудинка согласуются с рядами уровней озера Лама. За короткий совместный период наблюдений, можно отметить повышение уровней с 1983 по 1992 год, и понижение с 1992 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе проанализированы морфометрические характеристики озер Таймыро-Североземельской области и Путоранской провинции. Построена диаграмма распределения озер по высоте над уровнем моря. Большую часть (45%) занимают озера, расположенные на высоте от 0-100 м, меньшую – на высоте от 600 до 1000 метров. Также построена диаграмма распределения озер по площадям водной поверхности. Озер с площадями от 500 до 1000 км² менее 5, наиболее распространены

озера с малой площадью водной поверхности (0-10 км²). Несмотря на недостаток данных, были получены соотношения между площадью водосбора и озера в зависимости от отметок абсолютных высот. Полученная зависимость аппроксимирована степенной кривой, коэффициент корреляции 0.7.

Также выполнен анализ многолетних и внутригодовых колебаний уровня озер Таймыр, Лама и Хантайское с использованием данных среднегодовых, среднемесячных уровней воды, а также ежегодных последовательностей значений для характерных месяцев года.

Многолетние колебания анализировались по традиционно используемым данным среднегодовых уровней воды. Ежегодные последовательности рассматривались как стационарные случайные процессы. Для установления многоводных и маловодных лет использовался квантильный анализ данных. В качестве основных вероятностных характеристик использовались квантили $X_{\min}$, $X_{0.25}$, $X_{0.5}$, $X_{0.75}$, $X_{\max}$ и основанные на них другие расчетные параметры.

Отмечена согласованность периодов многоводных и маловодных лет озер, расположенных в Западном секторе плато Путорана. У озера Хантайское выделен экстремально многоводный и многоводный года, 1994 и 1970 соответственно.

Последовательная фильтрация как низкочастотная, так и высокочастотная позволила выделить квази 10-8-летние, 4-5-летние и 2-3-летние колебания.

Выполненный анализ межгодовой изменчивости показал, что для всех озер характерны высокие уровни, приходящиеся на июнь, июль, а также продолжительное зимнее низкое стояние уровней воды. Таким образом, можно выделить два периода водного режима: теплый, продолжающийся с июня по октябрь включительно, и холодный - с ноября по май.

Анализ графиков среднегодовых уровней воды показал наличие тренда на увеличение уровня воды в озерах, в соответствии с потеплением

климата в данном районе, что подтверждают ряды метеорологических характеристик с метеостанций Агата, Волочанка, Дудинка, Хатанга.

Также было отмечено, что в районе Таймыро-Североземельской области и Путоранской провинции находится множество озер, однако малоизученных. Для уточнения полученных результатов и дальнейшего изучения необходимо проведение экспедиционных исследований и получение натуральных данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Ахмедова Н.С. Особенности распространения и морфологического строения котловин карстовых озер мира: дис. Канд.геог. наук. СПб., 2011.
- 2.Гетахун Б.А. Уровенный режим озер северо-восточной Африки как интегральный показатель изменения климата: дис. Канд. геог. наук. СПб., 2008.
- 3.Гидрологический ежегодник. Бассейн Карского моря (восточная часть) //том 7.,1964 г.
- 4.Гидрологический ежегодник. Бассейн Карского моря (восточная часть) //том 7.,1965 г.
- 5.Гидрологический ежегодник. Бассейн Карского моря (восточная часть) //том 7.,1980 г.
- 6.ГОСТ 17.1.1.01-77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. М: Гос. ком. СССР по стандартам, 1977.
- 7.ГромовА.Ю. Применение цифровых фильтров Баттерворта в океанологии / А.Ю.Громов.Режимообразующие факторы, информационная база и методы ее анализа. Л.: Гидрометеиздат, 1989. - С. 22-35.
- 8.Догановский А. М., Мякишева Н. В. Водный баланс и внешний водообмен озер России и сопредельных территорий/ Догановский А. М /Ученые записки №41 СПб, 2015 с.259
- 9.Догановский, А.М. Распределение по территории озер с разной степенью проточности / А.М. Догановский, Д.В. Комаринский // Современные проблемы гидрометеорологии. – СПб.: Астерион, 2006. – С. 184-191.

10.Догановский, А.М. Уровенный режим озер – интегральный показатель динамики их биоценозов: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.27 /Догановский Аркадий Михайлович. – СПб., 1994. – 50 с.

11.Догановский, А.М. Уровенный режим озер – интегральный показатель климатических и экологических изменений / А.М. Догановский // Общество.Среда. Развитие (TerraHumana). – 2007. – вып. 1. – С. 103 – 110.

12.Егоров А.Н., Науменко М.А.Термический и гидрологический режим озера Таймыр/ «География озер Таймыра».1985,Л.Наука, С.32 - 42.

12.Жумангалиева З.М. Озерный фонд Казахстана: дис. Канд.геог. наук. СПб.,2014.160

13.Рожков В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами/В.А.Рожков-СПБ : Гидрометеиздат, 2002.

14.Резиев В.С. Режимообразующие факторы и информационная база, и методы ее анализа.Гидрометеиздат 1980.- С.316.

15.Рянжин, С.В. Полярные озера мира: современные данные и состояние исследований / С.В. Рянжин, Д.А. Субетто, Н.В. Кочков и др. // Водные ресурсы. – Вып. 37 (№4). – 2010. – С. 387-397.

16.Пармузин Ю.П. Озера Северо-запада Сибирской платформы/Пармузин Ю.П, Дроздов В.М., Водопьянова Н.С. и др.- Новосибирск: Наука,1981.

17.Хованов, Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците / Н.В. Хованов. – СПб.: изд-во СПбГУ, 1996. – 195 с.

18.Шапарев Н.Я. Водные ресурсы Красноярского края в показателях устойчивого развития. Шапарев Н.Я. Астафьев Н.Н. Красноярский научный центр СО РАН.

19.Ryanzhin, S.V. Size distribution of world lakes and rivers derived from WORLDLAKE database / S.V. Ryanzhin, H. Simola, A.Yu. Terzhevik, M. Viljanen and I.J.Hopolaenen //4th Intern. Lake Ladoga Symposium, Velikiy Novgorod, Russia,2-6 Sep. 2002; Joensuu: Joensuun Yliopisto, 2003. – P. 496-502.

20.Ryanzhin, S.V. 2005. Global Statistics for surface area and water storage of natural world lakes / S.V. Ryanzhin // Verein. Intern. Verhein. Limnol., vol. 29 (p.2), 2005. – P. 640-644.

Электронные источники:

21.Научно- популярная энциклопедия. Вода России сайт – URL<http://water-rf.ru/>

22.Официальный сайт Среднесибирского УГМС – URL<http://meteo.krasnoyarsk.ru/>

23.<http://www.gorod-dudinka.ru/download/GO/PlanGO.pdf>

ПРИЛОЖЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1. Морфометрические характеристики 61 озера, используемые в работе.

№ п.п.	Название	Широта	Долгота	S оз, км ²	H max, м	H ср, м	B max, км	B min, км	B ср, км	L ср, км	V оз, км ³	S вод., км ²	L бер.лин. , км	Происхождени е	Высота, абс.м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Абагалах	69.961761	90.281405	0.3			0.4	0.1		1.5					468.0
2	Арылах	74.436721	107.772268	66.9								1460.0			53.2
3	Ая-Турку	73.860633	92.089129	82.8											44.0
4	Байкуратурка	74.027197	99.901254	248.0								921.0			5.0
5	Балда-Турку	74.497627	105.755586	83.9								340.0			134.0
6	Баселак	69.70497	97.937602	13.4			1.3	0.3		14.6					594.0
7	Богатырь	69.688146	92.332627	8.7				1.6		9.0					994.0
8	Большое Советское	67.176257	83.545172	76.3					7.5	16.0		168.0			63.0
9	Бугорное	68.16818	92.109934	1.7			0.9	0.2		3.0					580.0
10	Буйное	68.139097	92.263996	2.1			1.6	0.3		2.4					559.0
11	Верхнее Кулюмбинское	67.832537	89.703051	25.0			3.2	1.4		15.0					368.0
12	Виви	66.726032	93.968531	130.0			5.5	1.1		88.5		3260.0			256.0
13	Глубокое	71.47585	96.92591	143.0	185.0	16.0		6.0		44.5	2.29	4160.0		тект	53.0
14	Горбиачин	67.641464	90.474632	11.0			1.60	0.5		11.5					370.0
15	Гудке	69.225285	89.945704	18.0			2.6	0.2		9.5					77.0
16	Дулук-Икэн	69.727342	92.922398	2.8			1.2	0.1		4.3					850.0
17	Дюпкун	67.996303	92.327192	199.0					2.5	125.0		27700. 0			109.0
18	Дюр-Амут	68.647005	92.54383	1.7			0.6	0.1		3.5					801.0

19	Капчук	68.565575	91.215239	28.2			3.00	1.0		11.7				тект	187.0
20	Кета	68.708918	90.647082	365.0	99.0		13.30	1.0		96.0		2630.0			93.0
21	Киенг-Кюель	68.735748	102.852986	99.8					8.5	22.0		670.0			
22	Кокора	72.997371	101.083987	162.0					11	18.5		348.0			62.0
23	Кумга	70.089388	89.593313	3.3			0.6	0.1		6.6					
24	Кунгасалах	74.594741	107.237519	270.0					15.0	27.0		988.0			76.0
25	Кутарамакан	68.758165	91.898166	90.0			2.20	0.8		62.0		3580.0			114.9
26	Лабаз	72.29237	99.582983	470.0					25.0	40.0		1260.0			47.0
27	Лама	69.506232	90.546578	466.0	254.0	53.0		13.0		82.0	24.7	6720.0		ледн	53.0
28	Малое Хантайское	68.342949	89.50023	58.0								401.0		ледн	62.0
29	Манумагли	68.667221	93.45685	7.0			1	0.3		10.0					477.8
30	Мелкое	71.262572	95.548191	265.0	24.0	5.0		12.0		44.0	1.33	11900.0	98.0	ледн	50.0
31	Мундуйское	66.586705	88.468964	78.8					6	24.0		577.0			89.0
32	Мысовое	68.178132	92.348365	5.0			1.3	0.2		6.2					555.0
33	Надудотурку	72.832465	84.112503	127.0					12	20.0		631.0			43.0
34	Накомьяк	68.916015	90.889241	36.2					2.40	32.0		1320.0		тект	37.0
35	Негу-Икэн	69.665698	93.189126	11.6				1.5		14.5		1460.0			754.0
36	Нералах	69.603367	92.518758	17.0			2.3	0.3		15.4					921.0
37	Нерангда	69.128559	98.113214	34.5			2.3	0.2		25.6					727.7
38	Нерунгда	68.096477	92.092902	4.0			1.3	0.2		10.5					480.2
39	Нижнее Кулюмбинское	67.899857	90.758805	4.0			1.3	1.0		3.8					362.0
40	Някшингда	66.989458	93.509052	84.2					7.5	34.0		977.0			272.2
41	Ондодоми	69.878327	91.668548	1.8			1	0.1		3.5					776.0
42	Портнягино	74.154319	107.074529	376.0					20	45.0		1460.0	83.0		62.0
43	Пуринское первое	71.793129	88.657341	48.0								183.0			8.0
44	Пуринское второе	71.925085	88.7512	70.0								419.0			8.0
45	Пясино	69.807785	87.788733	735.0	24.00	4.0			15.0	70.0	2.94	24000.		ледн	28.0

												0			
46	Себяки			6.5			0.90	0.1		12.0					456.0
47	Северное	67.306695	92.307151	61.0					3.0	45.0		4060.0		ледн-тект	201.0
48	Собаچه	70.481722	90.047205	99.0			3.7	1.0	3.8	46.0		2520.0		тект	69.0
49	Среднее Кулюмбинское	67.864387	91.080744	30.0			2.4	0.7		19.0					365.0
50	Сырута	72.544615	88.780679	3.0								7.9			60.0
51	Таймыр	74.558117	102.221515	4560. 0	26.0	3.0		55.0		221.0	13.7	43900. 0	880.0	ледн	6.0
52	Таликит	69.72644	91.152016	2.0			0.70	0.1		4.0					536.0
53	Тембенчи	67.279106	94.182923	86.8					3.0	44.5		4720.0			384.0
54	Тонель	68.765138	90.499417	6.0			0.2	1.8		6.0					288.0
55	Тонское	72.22074	98.928624	102.0					7.0	17.0		233.0			47.0
56	Хаканча	68.211335	90.192355	43.0			2.50	0.7		28.0					185.0
57	Хантайское	68.329785	90.795376	1561. 0	110.0	53.0		18.0		160.0	82.7	11900. 0		ледн	73.0
58	Харпича			33.7			1.70	0.7		22.6					481.0
59	Энгельгардт	75.095125	100.228019	61.8											
60	Эпекли	67.467295	92.496237	16.3					2.0	15.0		567.0		ледн-тект	211.6
61	Южный Нералах	69.363889	90.633023	0.7			0.8	0.3		1.2					

Таблица А2. Данные для построения зависимости $\lg(A+1) = f(\lg(F+1))$

A, км ²	F, км ²	Lg(A+1)	Lg(F+1)
248.00	921.00	2.39620	2.96473
4560.00	43900.00	3.65906	4.64247
48.00	183.00	1.69020	2.26482
70.00	419.00	1.85126	2.62325
735.00	24000.00	2.86688	4.38023
36.20	1320.00	1.57054	3.12090
127.00	631.00	2.10721	2.80072
470.00	1260.00	2.67302	3.10072
102.00	233.00	2.01284	2.36922
265.00	11900.00	2.42488	4.07558
143.00	4160.00	2.15836	3.61920
466.00	6720.00	2.66932	3.82743
66.90	1460.00	1.83187	3.16465
3.00	7.92	0.60206	0.95036
162.00	348.00	2.21219	2.54283
58.00	401.00	1.77085	2.60423
376.00	1460.00	2.57634	3.16465
76.30	168.00	1.88818	2.22789
99.00	2520.00	2.00000	3.40157
1561.00	11900.00	3.19368	4.07558
270.00	988.00	2.43297	2.99520
78.80	577.00	1.90200	2.76193
365.00	2630.00	2.56348	3.42012
199.00	27700.00	2.30103	4.44250
90.00	3580.00	1.95904	3.55400
83.90	340.00	1.92891	2.53275
61.00	4060.00	1.79239	3.60863
130.00	3260.00	2.11727	3.51335
84.20	977.00	1.93044	2.99034

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Среднегодовые уровни воды

Таблица Б1. Среднегодовые уровни воды оз.Лама

Год	Н, см
1981	182
1982	183
1983	172
1984	174
1985	169
1986	180
1987	174
1988	206
1989	205
1990	196
1991	197
1992	204
1993	188
1994	199
1995	210
1996	173
1997	199
1998	209
1999	178

Таблица Б2. Среднегодовые уровни воды оз.Таймыр

Год	Н, см	Год	Н, см	Год	Н, см
1960	313	1975	328	1990	425
1961	350	1976	325	1991	364
1962	354	1977	321	1992	378
1963	354	1978	278	1993	378
1964	362	1979	258	1994	351
1965	369	1980	342		
1966	315	1981	382		
1967	368	1982	330		
1968	404	1983	335		
1969	351	1984	330		
1970	338	1985	289		
1971	373	1986	342		
1972	376	1987	365		
1973	378	1988	379		
1974	382	1989	421		

Таблица Б3. Среднегодовые уровни воды оз.Хантайское

Год	Н, см	Год	Н, см
1961	685	1978	696
1962	714	1979	693
1963	699	1980	701
1964	699	1981	709
1965	684	1982	706
1966	692	1983	693
1967	700	1984	703
1968	719	1985	696
1969	708	1986	707
1970	674	1987	708
1971	701	1988	710
1972	701	1989	738
1973	701	1990	729
1974	728	1991	723
1975	738	1992	716
1976	704	1993	725
1977	701	1994	744

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Расчет вероятностных характеристик внутригодовой изменчивости речного стока для каждого месяца года.

Таблица В 1. Матрица корреляционных зависимостей внутригодовой изменчивости среднемесячных расходов воды (оз.Таймыр)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-12	0.07	0.06	0.03	-0.02	-0.03	-0.17	-0.12	0.09	0.18	0.24	0.19	0.14
-11	0.06	0.02	-0.01	-0.03	-0.02	-0.15	0.11	0.22	0.26	0.21	0.14	0.63
-10	0.02	-0.02	-0.02	-0.05	-0.04	0.18	0.25	0.31	0.24	0.16	0.60	0.62
-9	-0.02	-0.03	-0.06	-0.03	0.21	0.27	0.29	0.27	0.19	0.60	0.59	0.63
-8	-0.03	-0.09	-0.04	0.22	0.35	0.29	0.25	0.23	0.67	0.60	0.59	0.63
-7	-0.09	-0.01	0.23	0.36	0.40	0.29	0.19	0.78	0.66	0.60	0.60	0.64
-6	-0.01	0.27	0.37	0.41	0.37	0.23	0.75	0.78	0.66	0.60	0.60	0.17
-5	0.28	0.42	0.42	0.38	0.32	0.60	0.75	0.78	0.66	0.61	0.15	0.74
-4	0.43	0.47	0.39	0.34	0.96	0.59	0.76	0.78	0.67	0.15	0.71	0.92
-3	0.48	0.44	0.35	0.96	0.97	0.59	0.75	0.78	0.17	0.72	0.91	0.95
-2	0.46	0.40	0.97	0.98	0.97	0.58	0.77	0.24	0.76	0.92	0.95	0.98
-1	0.42	0.99	0.98	0.98	1.00	0.61	0.47	0.86	0.94	0.97	0.99	0.99
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.99	0.98	0.98	1.00	0.61	0.47	0.86	0.94	0.97	0.99	0.99	0.42
2	0.97	0.98	0.97	0.58	0.77	0.24	0.76	0.92	0.95	0.98	0.46	0.40
3	0.96	0.97	0.59	0.75	0.78	0.17	0.72	0.91	0.95	0.48	0.44	0.35
4	0.96	0.59	0.76	0.78	0.67	0.15	0.71	0.92	0.43	0.47	0.39	0.34
5	0.60	0.75	0.78	0.66	0.61	0.15	0.74	0.28	0.42	0.42	0.38	0.32
6	0.75	0.78	0.66	0.60	0.60	0.17	-0.01	0.27	0.37	0.41	0.37	0.23
7	0.78	0.66	0.60	0.60	0.64	-0.09	-0.01	0.23	0.36	0.40	0.29	0.19
8	0.67	0.60	0.59	0.63	-0.03	-0.09	-0.04	0.22	0.35	0.29	0.25	0.23
9	0.60	0.59	0.63	-0.02	-0.03	-0.06	-0.03	0.21	0.27	0.29	0.27	0.19
10	0.60	0.62	0.02	-0.02	-0.02	-0.05	-0.04	0.18	0.25	0.31	0.24	0.16
11	0.63	0.06	0.02	-0.01	-0.03	-0.02	-0.15	0.11	0.22	0.26	0.21	0.14
12	0.07	0.06	0.03	-0.02	-0.03	-0.17	-0.12	0.09	0.18	0.24	0.19	0.14

Таблица В 2. Оценка математического ожидания и дисперсии (оз.Таймыр)

m _x	234	207	191	184	179	240	686	630	519	416	342	281.8
D	2789	2129	1794	1480	1307	6874	19988	18243	14914	10421	6941	4255.7

Таблица В 3. Матрица корреляционных зависимостей внутригодовой изменчивости среднемесячных расходов воды (оз.Хантайское)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-12	-0.04	-0.03	-0.02	-0.01	-0.03	-0.06	-0.02	-0.04	-0.05	-0.06	-0.08	-0.09
-11	-0.04	-0.02	-0.01	-0.03	-0.05	-0.05	-0.01	-0.05	-0.05	-0.08	-0.09	0.97
-10	-0.03	-0.01	-0.04	-0.06	-0.06	0.01	-0.04	-0.04	-0.08	-0.09	0.96	0.96
-9	-0.02	-0.03	-0.06	-0.07	-0.02	-0.02	-0.06	-0.06	-0.09	0.96	0.96	0.97
-8	-0.04	-0.06	-0.07	-0.03	-0.03	-0.06	-0.07	-0.08	0.96	0.96	0.96	0.96
-7	-0.06	-0.07	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.08	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97
-6	-0.07	-0.02	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	0.96	0.93	0.96	0.96	0.97	0.91
-5	-0.02	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	0.94	0.95	0.93	0.96	0.96	0.91	0.94
-4	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	1.00	0.94	0.95	0.93	0.96	0.90	0.94	0.95
-3	-0.05	-0.06	-0.07	1.00	1.00	0.94	0.94	0.93	0.88	0.94	0.95	0.98
-2	-0.06	-0.07	1.00	1.00	1.00	0.94	0.95	0.83	0.95	0.95	0.98	0.99
-1	-0.07	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.90	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.90	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	-0.07
2	1.00	1.00	1.00	0.94	0.95	0.83	0.95	0.95	0.98	0.99	-0.06	-0.07
3	1.00	1.00	0.94	0.94	0.93	0.88	0.94	0.95	0.98	-0.05	-0.06	-0.07
4	1.00	0.94	0.95	0.93	0.96	0.90	0.94	0.95	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07
5	0.94	0.95	0.93	0.96	0.96	0.91	0.94	-0.02	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07
6	0.96	0.93	0.96	0.96	0.97	0.91	-0.07	-0.02	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07
7	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	-0.06	-0.07	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.08
8	0.96	0.96	0.96	0.96	-0.04	-0.06	-0.07	-0.03	-0.03	-0.06	-0.07	-0.08
9	0.96	0.96	0.97	-0.02	-0.03	-0.06	-0.07	-0.02	-0.02	-0.06	-0.06	-0.09
10	0.96	0.96	-0.03	-0.01	-0.04	-0.06	-0.06	0.01	-0.04	-0.04	-0.08	-0.09
11	0.97	-0.04	-0.02	-0.01	-0.03	-0.05	-0.05	-0.01	-0.05	-0.05	-0.08	-0.09
12	-0.04	-0.03	-0.02	-0.01	-0.03	-0.06	-0.02	-0.04	-0.05	-0.06	-0.08	-0.09

Таблица В 4. Оценка математического ожидания и дисперсии (оз.Хантайское)

mx	640	636	637	637	645	726	845	766	717	686	662	649
D	12788	12641	12648	12691	13008	18563	23453	19910	16551	14880	13838	13301

