



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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Многолетние колебания уровня
озер Онежского и Саймаа**

Исполнитель Заколоткин Максим Александрович
(фамилия, имя, отчество)

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

Мякишева Наталия Вячеславовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

доцент, кандидат технических наук
(ученая степень, ученое звание)

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

« 13 » 06 2022г.

Санкт-Петербург
2022

Содержание

Введение.....	3
1. Общая характеристика	5
1.1 Гидрография	6
1.2 Морфометрия	8
1.3 Гидрологический режим	10
1.4 Донные отложения.....	13
2. Методы анализа	19
2.1. Квантильный анализ	19
2.2. Регрессионный анализ.....	21
2.3. Фильтрация Баттерворта.....	21
2.4 Спектральный анализ	24
3. Особенности многолетней изменчивости уровней воды в озёрах...	27
4. Увлажненность территории.....	33
Заключение	36
Список литературы	37
Приложения	39

Введение

Онежское озеро является крупным пресноводным водоёмом Европы. Его объем составляет 295 км^3 , площадь зеркала – 9720 км^2 , а максимальная глубина – 120 м. Площадь водосборного бассейна озера составляет 53100 км^2 . В озеро впадают более 1000 водотоков, из них 52 реки протяженностью более 10 км и 8 – более 100 км. Самыми большими из них являются Водла и Суна.

В Свирской губе южной части озера находится исток единственной вытекающей из озера реки Свирь, на которой в 1953 году построена Верхне-Свирская ГЭС.

Онежское озеро относится к водоемам замедленного водообмена. Период водообмена составляет 16 лет – за это время чаша озера может заполниться таким же объемом речной воды. Озеро судоходно, является частью водной магистрали, входящей в состав Волго - Балтийского водного пути и Беломорско - Балтийского канала.

Озеро Сайма – самое крупное озеро Финляндии, четвертое по величине озеро Европы. Образовано совокупностью из восьми крупных и многочисленных мелких связанных друг с другом водоёмов с суммарной площадью поверхности около 4400 км^2 . Площадь водосборного бассейна – 61054 км^2 . Максимальная глубина озера составляет 84 м. Сайму питает множество рек, а вытекает единственная – Вуокса, которая, в свою очередь, впадает в Ладожское озеро.

В 1856 году был открыт судоходный Сайменский канал, соединивший Сайму с Финским заливом и превративший озеро в важную для значительной части Финляндии транспортную артерию. Это повлекло за собой уточнение параметров и картографирование водных путей озера. Первая карта подводного ландшафта была изготовлена в 1859 году и изображала подробности основных водных путей из Лаппеэнранты в Миккели, Ийсалми и Йюэнсуу. С

1857 года подробную подводную карту всего озера по заказу сената составлял бывший морской офицер Йохан Бартрам. В 1940 году эту работу продолжил Ааро Хеллаакоски.

Уровни озер не только фиксируют водные ресурсы территорий, но и являются интегральными показателями увлажненности водосборов и изменений климата на обширных пространствах. Также изменчивость уровня воды в озерах отражает суммарное антропогенное влияние в их бассейнах, что может сказаться на судоходстве, рыболовстве и других промышленных отраслях экономики, а также на изменении качества воды и трофического статуса водных экосистем.

Поэтому, целью данной работы является изучение уровня режима Онежского озера и озера Сайма.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. собрать исходные данные;
2. оценить вероятностные характеристики многолетней изменчивости уровней озер;
3. выявить особенности многолетней изменчивости уровней озер;
4. оценить увлажненность водосборов.

Для решения поставленных задач использовались данные наблюдений за уровнями воды в Онежском озере с 1881 по 2017 гг. (137 лет) и в озере Сайма с 1850 по 2012 гг. (163 года). Для характеристики климата привлекались данные наблюдений за температурой воздуха и количеством атмосферных осадков на метеостанции г. Петрозаводск. Для оценки увлажненности водосборов оценивался индекс Де-Мартона.

1. Общая характеристика

Онежское озеро – второе по величине в Европе – расположено большей частью в зоне Европейского Севера России. Административно акватория озера принадлежит трём субъектам Российской Федерации (табл. 1): Республика Карелия, Вологодская область и Ленинградская область. Из них Республике Карелия – 86,1% зеркала с водосборной площадью 53,5 тыс. км².

Таблица 1–Территориально-административное распределение площадей Онежского озера

Наименование региона	Всего, км ²	Карелия	Вологодская область	Ленинградская область
Общая площадь	9943	8593	1197	153
Острова	251	243	3	-
Зеркало	9693	8345	1194	153

По данным Г.С. Бискэ (1971), котловина Онежского озера - доледниковая тектоническая впадина, расположенная в краевой части Балтийского щита, на стыке с Русской плитой. Она представляет собой сочленение двух блоков земной коры, имеющих разную геологическую историю. В северной части котловины ее формирование происходило в условиях преобладающих поднятий, в южной - на фоне преобладающих погружений. Эти противоположенные тектонические движения наблюдаются и в настоящее время. Они меняют гидрогеологическую обстановку в бассейне. Северная часть котловины сложена кристаллическими породами (граниты, гнейсы). Так, берега губ Уницкой, Лижемской, Кондопожской и Петрозаводской, а также юг Заонежского полуострова представлены карбонатными, глинисто-песчано-карбонатными, вулканическими породами. кварцитами, алевролитами. На Заонежском полуострове встречаются шунгитовые породы, обладающие

уникальными свойствами. К югу от Петрозаводска эти породы сменяются кварцевыми и слюдистыми песчаниками, песчано-глинистыми сланцами.

1.1 Гидрография

Онежское озеро и его крупнейший приток р. Илекса-Водла являются верхним звеном водной системы р. Невы. Площадь водосбора Онежского озера, включая его зеркало, равна 66284 км² (Швец, 1977). Около 80% этой территории относится к Республике Карелия, остальная часть распределена по Архангельской (6%), Вологодской (13%) и Ленинградской (1%) областям. Рельеф водосбора имеет значительную расчлененность в пределах отметок от 34 до 417 м БС. В северной части бассейна реки более молодые, образовавшиеся по линиям тектонических разломов и понижений местности. Они характеризуются высокой озерностью (от 3 до 18%), порожистыми, неразработанными руслами с большими уклонами. Южные реки более старые, отличаются хорошо выработанными руслами, меньшей озерностью (1- 3%) и большей заболоченностью. Водную сеть бассейна образуют 6765 рек общей длиной 22741 км и 9516 озер общей площадью 13441 км² (Швец, 1977). В озеро впадают 52 реки длиной более 10 км и порядка тысячи малых речек и ручьев. Главные притоки - Водла, Шуя и Суна обеспечивают в среднем 58% речного прихода водного баланса озера. Вытекает из озера р. Свирь, впадающая в Ладожское озеро. Среднегодовая величина стока 18,4 км³ с изменениями в зависимости от водности года от 28,3 до 12,6 км. Сток р. Свирь зарегулирован плотинами двух ГЭС. Высокая озерность водосбора (средняя 6,7%, а в северо-западной части - 11,3%) обуславливает большую естественную зарегулированность стока рек. На нее накладывается искусственное регулирование стока рек Суны, Водлы, преобразованных в судоходные каналы - Вытегры и Повенчанки. Удельный водосбор Онежского озера равен 5,81 км², т.е. водоем относится к первому типу по режиму уровней (классификация К.Д. Литинской) и степени влияния водосбора на режим водоёма. Он харак-

теризуется устойчивым режимом уровней, растянутым весенним половодьем и высокими уровнями летне-весеннего периода, а также относительно небольшой ролью водосбора в формировании гидрохимического и гидрологического режимов озер. Последнее ослабляется громадным объемом водных масс, заключенных в котловине озера.

Таблица 2 – Основные притоки Онежского озера

Название	Водосбор, км ²		Среднегодовое количество стока водной системы	
	общая площадь	в т.ч. озера	км ³ /год	доля, %
Суна	7665	957	2,42	14,40
Шуя	10267	1062	3,05	18,15
Ошта	374	2	0,12	0,71
Водлица	514	9	0,17	1,01
Мегра	1730	50	0,55	3,27
Вытегра	1670	33	0,53	3,15
Протока из Тудозера (Илекса)	367	12	0,14	0,83
Андома	2570	38	1,05	6,25
Муромка	367	39	0,13	0,77
Черная	616	4,7	0,19	1,13
Водла	13655	723	4,31	25,65
Туба	314	12	0,10	0,60
Пяльма	909	18	0,29	1,73
Немина	659	20,5	0,20	1,19
Повенчанка	885	122	0,31	1,85
Кумса	738	68	0,23	1,37
Путка	221	37	0,07	0,42
Лижма	934	142	0,24	1,43
Уница	394	9,5	0,13	0,77

1.2 Морфометрия

Морфометрия Онежского озера крайне сложная. Согласно определениям Ф.А. Черняевой, общая длина береговой линии озера составляет 1810 км, на северную часть приходится 1230 (коэффициент извилистости 0,41) и на южную – 580 км (0,12). Берега островов имеют длину 190 км, их общая площадь 250, 7 км², а число размером больше 1 га – около 200. Наибольшая островистость у губ Великая и Кондопожская. Самые крупные острова: Бол. Клименецкий (147, 4 км), Большой Леликовский (21,2 км²) и Суйсари (16,8 км²). По физико-географическим особенностям автором выделены 8 частей озера с подрайонами. Ранее существовала более дифференцированная схема морфологических районов Онежского озера, которых насчитывалось 21. Эта схема принята нами в качестве базовой при экологическом районировании озера. Рельеф дна озера как бы повторяет рельеф прилегающей суши: изобаты 10, 15 и 20 следуют очертаниям берега, четко выделяются северная и южная части с границей по линии Петрозаводск – устье р. Водлы. Южная часть имеет сравнительно ровное дно с обширным плато на глубинах 50-60 м. Постепенно глубины уменьшаются к югу, а изобата 30 м. отходит от берега. Исключением является Шокшинский участок с глубинами до 50 м. Северная часть озера характеризуется ульстрасложным, контрастным сельговым рельефом с большими перепадами глубин, обилием островов, впадин, гряд, луд, заливов и губ. Большинство островов сложено коренными породами. В целом преобладают глубины от 20 до 60 м, на долю которых приходится 57% площади озера. Наибольшая часть объема – 85, 5% заключена на участках с глубинами до 40 м, которые являются основными для рыбного хозяйства. Их общая площадь 6525, 7 км².

Таблица 3 – Основные морфометрические характеристики и статистические параметры батиметрических моделей Ладожского и Онежского озер

Характеристика	Ладога	Онего
Высота над уровнем моря, м	5,1	33,0
Площадь водосбора, км ²	258600	56341
Площадь общая, S _{общ} , км ²	18135	9943,3
Площадь зеркала, км ²	17872	9777,4
Показатель площади *	0,06	0,18
Объем, км ³	837,9	262,0
Средняя глубина, Н _{ср.} м	46,9	26,8
Максимальная глубина, Н _{max} , м	230	119
Максимальная длина, км	219	290
Максимальная ширина, км	125	82
Относительная глубина **	0,15%	0,11%
Направление главных осей	СЗ-ЮВ	ССЗ-ЮЮВ
Длина береговой линии L, км	1570	1810
Изрезанность ***, х	3,28	5,12
Острова, км ²	456,6	250,73
Острова, отн.	2,5%	2,5%
Коэффициент емкости, Н _{ср.} /Н _{max}	0,20	0,22
Коэффициент формы, **** К	0,38	0,16
Время водообмена, лет	11	15

Таблица 4 – Распределение поверхности и водной массы Онежского озера по ступеням глубин

Ступени глубин, м	Поверхность		Объем	
	км ²	% к общей	км ³	% к общему
0-5	925,9	9,6	46,1	15,8
5-10	914,5	9,4	41,6	14,3
10-15	870,6	9,0	37,0	12,7
15-20	777,8	8,0	32,9	11,3
20-30	1693,3	17,5	53,4	18,3
30-40	1343,6	13,9	38,2	13,1
40-50	1380,6	14,3	24,7	8,5
50-60	1109,2	11,4	12,1	4,1
60-70	459,5	4,7	4,1	1,4
79-80	157,7	1,6	1,2	0,4
80-90	51,2	0,5	0,3	0,1
90-100	8,5	0,1	0,1	0,03
0-100	9692,3	100	291,7	100

Примечания:

* – площадь зеркала/площадь водосбора;

** – max глубина/средний диаметр;

*** – $x = L/2(x - S_{\text{общ}})^{1/2}$

1.3 Гидрологический режим

Гидрологический режим Онежского озера формируется в результате взаимодействия множества природных и антропогенных факторов. Определяющими из них являются крупные размеры озера, климат, неоднородное геологическое и химическое строение котловины и водосбора. В целом озеро относится к холодноводным, со слабым водообменом водоемам. Коэффициент условного водообмена изменяется от 0,040 до 0,085 в зависимости от

водности года, составляя в среднем 0,058. Установлено, что средний объем водообмена между основным плесом и шхерной частью Онежского озера составляет за май-сентябрь 12,8 км³, а за октябрь-апрель 26,2 км³. Выраженная холодноводность озера обуславливает характер продуцирования. Для внутриводоемных процессов и определяет низкую степень продуцирования. Для термического режима характерны два периода полного перемешивания (весной и осенью), а также летняя прямая и зимняя обратная стратификация. Профундаль озера заполнена мощным слоем холодного гипolimниона с температурой воды круглый год близкой к 4 градусам Цельсия. Перенос тепла по вертикали осуществляется только за счет ветрового перемешивания, действие которого распространяется обычно до глубины 20-25 м. Важной гидрологической особенностью является существенная изменчивость полей течения и температуры воды, связанная с прибрежными апвеллингами, внутренними и береговыми захваченными волнами. Апвеллинги (мезомасштабные подъемы и опускания вод) наиболее часто возникают в районе мысов Бесов Нос, Брусно, залива Большое Онего. На основе целенаправленных наблюдений и экспериментов не подтверждены сложившиеся ранее представления о существовании в Онежском озере квазипостоянной циркуляции вод циклонического типа. Спектр флюктуаций течений в низкочастотной области ограничивается синоптическим периодом. Как при гомотермии, так и в случае прямой стратификации имеет место тенденция к формированию нескольких крупномасштабных циклонических циркуляций. Осенью преобладают ветровые течения, которые более отчетливы в неглубоких заливах. Из стоковых наибольшее распространение имеет течение р. Шуи, впадающей в Петрозаводскую губу. Сгонно-нагонные колебания уровня достигают 15-20, предельно 40 см. Имеют место сейшовые колебания уровня с амплитудой до 20 см и периодичностью 4ч 30 мин, 2ч 15 мин. И 1ч 8 мин. Для Онежского озера установлены 5 – 7 летние квазипериодические колебания уровня, на которые накладывается техногенное регулирование в целях энергетики. Наблюдается снижение уровня в среднем на 14 -34 см в летне-осенний период. Приходная

часть водного баланса на 75% составлена речным притоком и 25% - осадками на зеркало в средний по водности год. В многоводные годы доля притока возрастает до 80%, а осадком и испарений сокращается на 5-6%. В маловодные годы значение осадков – до 30% от приходной части баланса и испарения до 25% от его расходной половины. Доля подземного притока в озеро невелика и, вероятно, составляет порядка 1% от приходной части баланса. Количество выпадающих над озером осадков имеющих крайне низкую минерализацию, но зачастую загрязненных аэрогенно, превышает на 45% испарение. Термо - динамический режим Онежского озера весьма детально изучен Институтом озероведения в 60-е годы и ИВПС РАН в последующий период. Ниже излагаются основные результаты этих исследований. В силу позднего и неполного по акватории замерзания охлаждение всей массы в озере продолжается всю зиму и в суровые годы температура воды может понижаться до 1-2 °С. Весенний прогрев приводит к быстрому росту температуры на прибрежных участках, в то время как вся глубокая часть озера остается позимнему холодной (явление термического бара). В теплоактивной области формируется прямая стратификация температур, а теплоинертной – происходит постепенное увеличение по всей толще до 4 °С. Воды этих двух областей почти не вступают в непосредственное смешение, пока в озере сохраняется фронт термобара. Его исчезновение обычно происходит в конце июня-начале июля, что означает конец весеннего периода в водоеме.

Таблица 5 – Средний водный баланс Онежского озера за 1953-1988 гг.

Элементы баланса	Объем воды, км ³	Слой, мм	% от общего
Приход:			
Осадки	5,4	550	24,7
речной приток	16,7	1700	75,3
Итого	22,1	2250	100,0
Расход:			
Осадки	18,4	1870	83,2
Испарения	3,7	380	16,8

Элементы баланса	Объем воды, км ³	Слой, мм	% от общего
Итого	22,1	2250	100,0

1.4 Донные отложения

Донные отложения находятся в тесной связи с рельефом дна, динамикой водных масс, распределением речного стока и степенью влияния антропогенных факторов. Они обладают значительными аккумулярующими свойствами и по сути отражают всю совокупность биологических, химических и физических процессов, происходящих в водоёме. Современное состояние донных отложений на большей части Онежского озера удовлетворительное, с малым содержанием органики и биогенных элементов. На изолированные губы (Кондопожская, Петрозаводская, Большая в Повенецком заливе), испытывающие большие антропогенные нагрузки характеризуются высоким загрязнением вод и донных отложений. Влияние трансформированных вод этих губ в периферийных районах озера.

Таблица 6 – Сброс загрязняющих веществ в Онежского озера от учтенных источников промузлов (по материалам Минэкологии Республики Карелия, 1995)

Промузел	Азот, общий	Взвешенные вещества	Железо общее	Нефтепродукты	Фосфор общий	Танины	Фосфаты	Хлориды	Сульфаты	Прочие
Сточные воды, т										
Петрозаводск	580	1345	24,6	2,2	-	-	123	1631	976	10230
Кондоподский	159	3945	1,0	6,4	71,0	3306	0,6	264	3765	35690
Медвежьегорский	23,1	199	3,0	2,4	6,9	-	1,7	341	54,4	706
Пудож-	9,4	40	3,4	1,0	0,1	-	3,2	35	14,6	252

ский										
Итого	771,5	5529	32	12	78,0	3306	128,5	2271	4810	46878
То же, доля от СВ по РК, %	71,7	14,2	39,5	28,1	93,6	57,3	73,0	31,2	28,6	53

Таблица 7 – Выбросы в атмосферу (тыс. т) в 1989 г.

Промузлы	Твердые вещества	Углеводороды	CO	NO	SO	Всего
Петрозаводск	5,6	0,82	4,9	3,9	30,4	55,8
Кондопожский	11,5	0,08	3,2	0,7	25,3	40,8
Медвежьегорский	2,0	0,24	0,1	0,1	1,4	3,6
Пудожский	0,5	-	0,02	0,04	0,6	1,1

Существующим негативным фактором являются ливневой и речной стоки, дренирующие урбанизированные территории. Например, в Петрозаводскую губу дополнительно к 40-460 млн. м³, прошедших КОС, ежегодно поступает порядка 133 млн³ вод рек Лососинка, Неглинка и ручьев, 10 млн. м³ ливневого стока и 3,08 км³ вод р. Шуи, качество вод которых в нижнем течении характеризуется как загрязненные III и IV класса по шкале Госкомгидромета. В общей сложности из всех источников, включая воздушные, в губу поступает 110 тыс.т веществ техногенного свойства, загрязнение от которых распространяется на районы Большое и Центрального Онего. В илах этих районов обнаружено значительное увеличение содержания органических веществ, биогенных элементов (фосфора) и металлов. Велика роль в приносе загрязнений и эвтрофирующихся веществ рек Водла, Шуя, Суна, Вытегра, Мегра и Андома, в сумме около 442 тыс.т в год, из которых органические составляют 74%, танниды – 12%, взвешенные – 11%, общий азот – 2,1% и нефтепродукты – 0,33%. К речному стоку плюсятся сбросы других антропогенных источников и выбросы в атмосферу. Общее количество при-

хода веществ составляет более 490 тыс. т, из них 33% обладают вредным действием на биоту.

По ранее выполненной оценке, объем техногенных стоков в бассейне Онежского озера составляет порядка 315 млн. м³ в год, из них 46% приходится на производственно-хозяйственные, 25% -- ливневой сток и 16% -- дренажно-мелиоративные воды. Из общего объёма токсической массы загрязнений 25-26% поступает аэрогенным путём главным образом из района Петрозаводск-Кондопога-Медвежьегорск. Поступление в озеро биогенных элементов значительно превышает сток их из озера. Современная биогенная нагрузка характеризуется поступлением общего фосфора – 810 т, общего азота – 17, 0 тыс.т. в год, а из озера с водами р. Свирь выносятся 280 тонн фосфора и 11800 тонн азот, то есть аккумулируется в озере 68% фосфора и 31% азота.

В результате гидростроительства наибольшей трансформации подверглась система р. Суны. Подпором реки и озер Сандал, Палье, Сунозеро создано 4 водохранилища со сливной призмой 0,53 км³, осуществлены внутрибассейновая переброска вод и деривация стока. Это привело к увеличению водообмена в озере Палье в 7 раз и озере Сандал в 15 раз, утрате ими олиготрофных качеств, а также к сокращению в нижнем участке реки Суны стока на 90%, который направлен через канал Кондопожской ГЭС. Соответственно, р. Суна утратила свои рыбовоспроизводственные функции. Само Онежское озеро также является водохранилищем. В 1951-1953 гг. на р. Свирь построена Верхне-Свирская ГЭС. Подпор образовал Ивенский разлив с площадью при НПУ – 276 км² и поднял в самом озере уровень воды примерно на 30 см. Лесосплав на приточных водных системах р.Суна, Шуя, Водлица, Мегра, Андома, Муромка, Черная, Водло, Немена и Уница проводился издавна и в 60-70 годы прошлого века достигал объема 3,9 млн. м³, из них 2,2 млн. м³ шло плотинами и кошелями непосредственно по Онежскому озеру. Была создана из 45 водохранилищ с общим регулирующим объемом до 1,1 км³.

Наибольший из них – Водлозерское площадью при НПУ 358 км² с полезным объемом 0,55 км³. На систему р. Водлы приходился и наибольший

объем сплава – до 0,8 млн. м³. К настоящему времени молевой сплав леса прекращен практически на всех притоках (на р. Водле в 1996 году), но его последствия продолжают иметь место. Онежское озеро является водотранспортным узлом, связывающим бассейны Белого, Балтийского, Каспийского, Азовского и Черного морей. Общая протяженность судоходных трасс по озеру 1862 км, судоходны также нижние 28 км р. Водлы и 13 км. р. Андомы. Русла р. Певенчанка и Вытегра обустроены в каналы (Беломорско-Балтийский и Волго-Балтийский). Вдоль южного берега озера от р. Свирь до р. Вытегра проложен еще в начале 19 века Онежский обводной канал, который служил до 70 годов. С 1964 года открыто интенсивное движение по Волго-Балту с проектной пропускной способностью 16 млн. тонн. Фактически объем перевозок превышает 21 млн. тонн.

Таблица 8 – Среднегодовой сток органических, биогенных техногенных веществ с притоками в Онежское озеро

Реки	Средний сток воды, км ³	Сток основной массы веществ, тыс. т				Загрязняющие вещества, т			Фосфор общий, т	Всего	
		органических	взвешенных	танниды	азот общий	фенолы	нефтепродукты	СПАВ		тыс. т	%
Суна	2,42	43,7	2,8	3,8	1,67	20	195	457	28	52,7	9,5
Шуя	3,05	96,0	16,9	17,8	3,49	18	327	178	184	134,9	24,4
Лососинка	0,12	4,4	1,2	н.д.	0,11	н.д.	8,4	н.д.	8	7	1,3
Неглинка	0,01	0,5	0,1	н.д.	0,02	н.д.	1,6	н.д.	1,2	1	0,2
Мегра	0,55	21,2	2,0	2,2	0,66	1,1	99	5,5	18	26,2	4,7
Вытегра	0,53	10,6	6,8	3,2	0,44	1,1	64	5,5	36	21,2	3,8
Ан-	1,05	33,9	5,0	6,3	0,90	2,1	189	10	46	46.	8,

Реки	Средний сток воды, км ³	Сток основной массы веществ, тыс. т				Загрязняющие вещества, т			Фосфороб-щий, т	Всего	
		органических	взвешенных	танниды	азотобщи й	фенолы	нефтепродукты	СПАВ		тыс. т	%
дома										4	4
Водла	4,31	122,8	13,3	2,8	2,27	85	583	125	133	160,1	28,9
Прочие	4,66	58,9	7,1	33	1,94	22	2445	1320	58	104	18,8
Общий сток	16,70	392,0	55,2	88,0	11,5	140	3912	2110	512	553,4	100

* –н.д. – нет данных

Грузооборот, собственно, на Онежском озере составляет 10-12 млн. т. По данным Беломорско-Онежского пароходства общий число судозаходов за навигацию составляет 10.3 тысячи (1992 год). На озере действуют порты Петрозаводск, Медвежьегорск с портом-автоматом, Пергуба, крупные пристани, Шала, Кондопога, Шокша, Челмужи, Повенец, Пиндуши, Кижы, Вытегра и Вознесенье. Наибольшие нагрузки от судоходства испытывают участки Вознесенье, Вытегра, Повенец, Петрозаводск, Кондопога и Шала. Флот и моторные лодки с выхлопными газами, сбросом систем охлаждения, утечками загрязняют водную среду преимущественно нефтепродуктами (по нашей оценке порядка 830 т. за навигацию), фенолами (0,5 т.), свинцом (0,1 т.), окислами серы, азота и углерода.

Онежское озеро возглавляет список водоемов рыбохозяйственного пользования Карелии и относится к основным промысловым в целом по региону Европейского Севера и Северо-Запада России. Учетный вылов рыбы в Онежском озере до 90 находился на среднем уровне 2,2 тыс. т., составляя 9-10% от всего регионального объема добычи из внутренних вод при доле зеркала озера 13% от общего водного фонда (включая водохранилища). Далее последовало, как и в целом по стране, резкое снижение статистики вылова.

Последнее обусловлено в большей мере безучетной реализацией рыбы, существенная часть которой стала добываться децентрализованно.

Таблица 9 – Основные сведения о крупнейших ГЭС Ладожского бассейна

Станция	Расстояние от истока, км	Период работы	Полезный объем, км ³	НПУ	Вид регулирования
Лесогорская р. Вуокса	26	1937-1940 с 1947	0,0043	27,5	Огранич. суточное
Светогорская р. Вуокса	15	1947	0,0058	43,5	Огранич. суточное
Верхне-Свирская, р. Свирь	97	1953	17,5	31,65	Многолетнее годовое суточное
Волховская, р. Волхов	197.5	1927	3,0	115,5	Сезонное и полное суточное
Нижне-Свирская, р. Свирь	145	1934	0,024	27,7	В каскаде многолетнее и суточное

2. Методы анализа

2.1. Квантильный анализ

Для анализа многолетней изменчивости уровней озер применялись квантильный анализ, метод регрессии, фильтрация Баттерворта, спектральный анализ.

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 .

Квантильный анализ заключается в нахождении квантилей $X_{min}, X_{0.25}, X_{0.5}, X_{0.75}, X_{max}$ функции распределения $F(x)$ данных в выборке. Алгоритм оценивания перечисленных характеристик следующий: X_{min} и X_{max} – минимальное и максимальное значения данных в выборке, $X_{0.5}$ – медиана. Если количества 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 центр первой и второй половины выборки, соответственно. Наряду с перечисленными квантилями использовались их линейные комбинации:

размах в пределах выборки

$$R = X_{max} - X_{min}, \quad (2.7)$$

интерквантильное расстояние

$$Q = X_{0.75} - X_{0.25}. \quad (2.8)$$

Для $X_{0.25}$ и $X_{0.75}$ вводятся барьерные значения, X_e – верхний барьер и X_n – нижний барьер:

$$X_B = X_{0.75} + 1.5Q \quad (2.9)$$

$$X_H = X_{0.25} - 1.5Q \quad (2.10)$$

Наряду с медианой, в качестве оценки центра распределения данных в выборке можно использовать среднее арифметическое m и трехсреднее значение T^* , а совместно с R и Q в качестве оценки масштаба распределения – дисперсию D и среднее квадратическое отклонение $\sigma = \sqrt{D}$. Сопоставление среднего m с медианой $X_{0.5}$ и σ с $0,74Q$ дает возможность получить предварительную информацию о типе и параметрах распределения данных в выборке.

Трёхсреднее значение оценивается по формуле Тьюки:

$$T^* = 0.25(X_{0.25} + 2 \cdot X_{0.5} + X_{0.75}) \quad (2.11)$$

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:

$$As = [(X_{0.75} - X_{0.5}) - (X_{0.5} - X_{0.25})] / (2Q); \quad (2.6)$$

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 $As > 0.25$.

2.2. Регрессионный анализ

Регрессионный анализ используется с двумя целями. Во-первых, для описания зависимости между переменными и определения причинной связи. Во-вторых, для построения прогнозных значений зависимой переменной. Мерой зависимости является величина коэффициента корреляции.

При регрессионном анализе рассматривается связь между одной зависимой переменной и несколькими другими независимыми переменными. Эта связь выражается с помощью математической модели. Выбор подходящей модели основывается как на статистических доводах, так и на основе содержательного смысла моделируемой зависимости.

С помощью коэффициента регрессии можно определить значение одной величины, зная значение другой. Для этих целей служит уравнение линейной регрессии, которое имеет вид:

$$Y = a + b X, \quad (2.12)$$

где X – значение независимой переменной, Y – значение зависимой переменной, a и b – параметры уравнения (a – коэффициент сдвига, b – коэффициент регрессии).

2.3. Фильтрация Баттерворта

При наличии в структуре временных рядов трендов – медленно меняющихся, гладких функций, под которыми наиболее часто понимается переменное математическое ожидание случайного процесса, применяется фильтрация Баттерворта. Для выделения тенденций или трендов на повышение или понижение значений процесса на отрезках времени в несколько лет или десятилетий используется низкочастотная фильтрация.

Фильтры Баттерворта имеют максимально плоскую амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) в полосе пропускания и монотонную характеристику в полосе задержания. Квадрат АЧХ фильтра Баттерворта описывается выражением

$$H^2(\omega) = \frac{1}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^{2n}} \quad (2.13)$$

где ω_c – граничная частота, n – порядок фильтра.

По мере возрастания порядка n фильтра Баттерворта коэффициент передачи в полосе пропускания все в большей степени приближается к единице, переходная область все в большей степени сужается, а в полосе задержания функция передачи все ближе подходит к нулю. При $n \rightarrow \infty$ АЧХ фильтра Баттерворта приближается к идеальной величине.

«Одним из методов анализа временных рядов с целью выделения тенденции или трендов на повышение или понижение значений является их фильтрация, которая бывает низкочастотной и высокочастотной, полосовой и режекторной.

Низкочастотная фильтрация – преобразование ряда, при котором исключаются высокочастотные составляющие.

Для анализа многолетней изменчивости гидрометеорологических процессов рекомендуется применять цифровую тангенсную низкочастотную фильтрацию рядов. Это связано с тем, что тангенсная фильтрация обладает такими преимуществами, как простота вычисления коэффициентов передаточной функции фильтра и большая крутизна амплитудно – частотной характеристики вблизи частоты среза.» [7]

«Одна из исчерпывающих характеристик – передаточная функция фильтра $H(\omega)$.

$$H(\omega) = \frac{Y(\omega)}{X(\omega)} = \frac{\sum_{k=0}^K \beta_k Z^{-k}}{1 + \sum_{l=1}^L \alpha_l Z^{-1}}, \quad (2.14)$$

где $H(\omega)$ - передаточная функция;

$X(\omega)$ и $Y(\omega)$ – их Фурье – изображение;

β_k, α_l - действительные числа, коэффициенты фильтра;

$Z = \exp(i\omega\Delta)$;

Δ – Интервал дискретизации рядов $\{x_i\}$ и $\{y_i\}$. [7]

«Передаточная функция фильтра $H(\omega)$ выражает связь между частотными представлениями рядов $\{x_i\}$ и $\{y_i\}$ и имеет значения в комплексной области, т.е. $H(\omega)$ можно представить в виде:

$$H(\omega) = |H(\omega)| \exp(\exp(-i\varphi(\omega))), \quad (2.15)$$

$$H(\omega) = \frac{(b_0 + b_1 Z^{-1} + b_2 Z^{-2})^{M_1}}{\prod_{m=1}^{M_1} (1 + a_{1m} Z^{-1} + a_{2m} Z^{-2})}, \quad (2.16)$$

где

$H(\omega)$ – передаточная функция;

$b_0, b_1,$ – коэффициенты;

b_2, a_{1m}, a_{2m} – коэффициенты;

Величина $M=2M_1$ называется порядком передаточной функции или порядком фильтра.» [7]

«При таком представлении функцию $|H(\omega)|$ называют амплитудно-частотной характеристикой фильтра. В каждой точке частотного диапазона она выражает отношение амплитуд гармоник отфильтрованного и неотфильтрованного ряда с данной частотой. Функцию $\varphi(\omega)$ называют фазово-частотной характеристикой фильтра. Она выражает зависимость сдвига фаз от частоты в отфильтрованном и неотфильтрованном рядах.» [7]

«Тангенсные цифровые фильтры Баттерворта имеют передаточную функцию вида (2.10), что позволяет применить вышеуказанный метод фильтрации, обладающий:

- рекуррентным способом вычисления отфильтрованного ряда;
- возможность повышения порядка фильтра увеличением числа уравнений.» [7]

«Тангенсный низкочастотный фильтр Баттерворта порядка М имеет амплитудно – частотную характеристику

$$|H(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[\frac{\operatorname{tg}(\frac{\omega\Delta}{2})}{\operatorname{tg}(\frac{\omega_c\Delta}{2})} \right]^{2M}}}, \quad (2.17)$$

где ω_c – частота среза» [7]

2.4 Спектральный анализ

Спектральный анализ – это разновидность обработки данных, связанная с преобразованием их частотного представления или спектра. Спектр получается в результате разложения исходной функции, зависящей от времени (временной ряд) или пространственных координат, в базис некоторой периодической функции.

Цель спектрального анализа - разложить ряд на функции синусов и косинусов различных частот, для определения тех, появление которых особенно существенно и значимо. Один из возможных способов сделать это - решить задачу линейной множественной регрессии, где зависимая переменная - наблюдаемый временной ряд, а независимые переменные или регрессоры: функции синусов всех возможных (дискретных) частот. Такая модель линейной множественной регрессии может быть записана как

(для $k = 1$ до q)

$$x_t = a_0 + \sum (a_k \cdot \cos(\lambda_k \cdot t) + b_k \cdot \sin(\lambda_k \cdot t)), \quad x_t = a_0 + \sum (a_k \cdot \cos(\lambda_k \cdot t) + b_k \cdot \sin(\lambda_k \cdot t)),$$

Следующее общее понятие классического гармонического анализа в этом уравнении - (лямбда) - это круговая частота, выраженная в радианах в единицу времени, т.е.

где - константа $\pi = 3.1416$ и

$$\eta_k = \frac{k}{q} \quad \eta_k = \frac{k}{q}$$

Здесь важно осознать, что вычислительная задача подгонки функций синусов и косинусов разных длин к данным может быть решена с помощью множественной линейной регрессии. Заметим, что коэффициенты при косинусах и коэффициенты при синусах, - это коэффициенты регрессии, показывающие степень, с которой соответствующие функции коррелируют с данными (заметим, что сами синусы и косинусы на различных частотах не коррелированы или, другим языком, ортогональны. Таким образом, мы имеем дело с частным случаем разложения по ортогональным полиномам). Всего существует q различных синусов и косинусов; интуитивно ясно, что число функций синусов и косинусов не может быть больше числа данных в ряде. Не вдаваясь в подробности, отметим, если N - количество данных, то будет $N/2+1$ функций косинусов и $N/2-1$ функций синусов. Другими словами, различных синусоидальных волн будет столько же, сколько данных, и вы сможете полностью воспроизвести ряд по основным функциям. (Заметим, если количество данных в ряде нечетно, то последнее наблюдение обычно опускается. Для определения синусоидальной функции нужно иметь, по крайней мере, две точки: высокого и низкого пика).

В итоге, спектральный анализ определяет корреляцию функций синусов и косинусов различной частоты с наблюдаемыми данными. Если найденная корреляция (коэффициент при определенном синусе или косинусе) вели-

ка, то можно заключить, что существует строгая периодичность на соответствующей частоте в данных.

3. Особенности многолетней изменчивости уровней воды в озёрах

Для характеристики многолетней изменчивости уровней воды в озёрах использовались ряды средних годовых значений (рис. 1, 2).

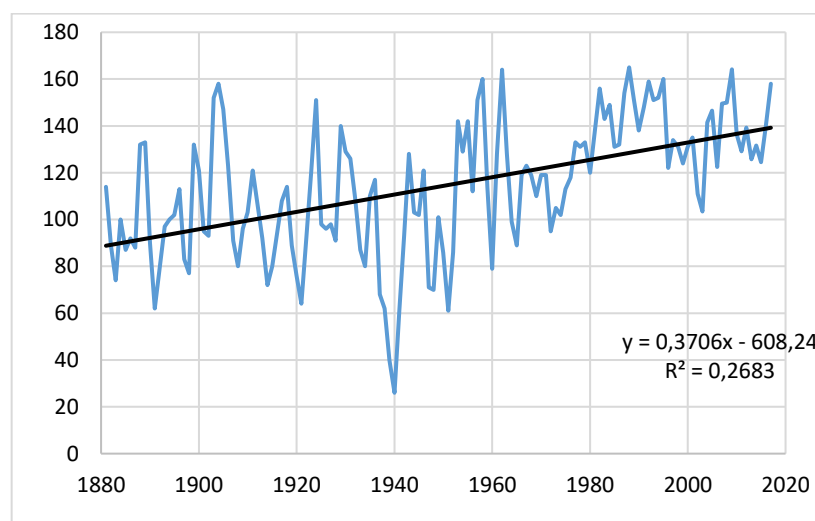


Рисунок 1 – Хронологический график уровней воды в Онежском озере (1881-2017 гг.).

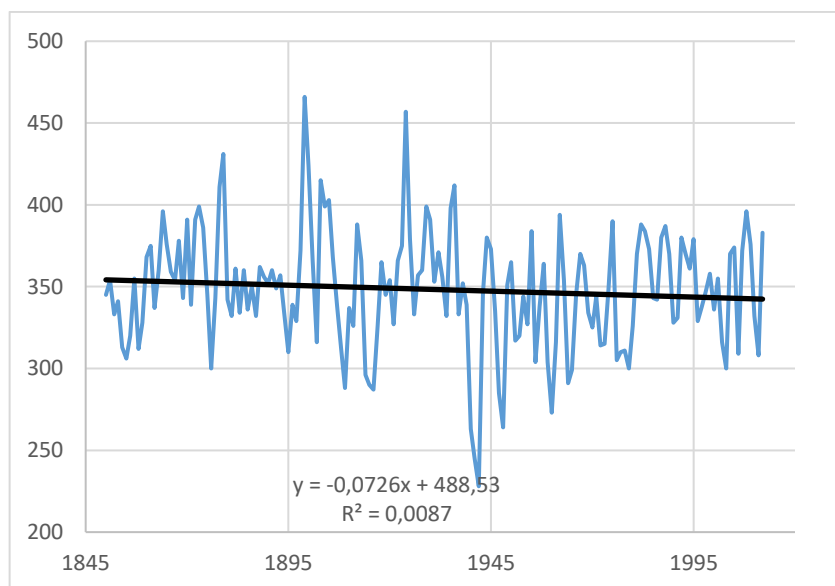


Рисунок 2 – Хронологический график уровней воды в озере Сайма (1850-2012 гг.).

Временные ряды средних годовых уровней прошли проверку на однородность по стандартным критериям Стьюдента и Фишера (табл. 10).

Таблица 10 – Результаты проверки рядов на однородность

Характеристики	Онежское озеро	Озеро Сайма
t^*	7,40	2,47
$t_{2\alpha=5\%}$	1,98	1,97
$H_0: X_1 = X_2$	-	-
F^*	0,74	0,92
$F_{2\alpha=5\%}$	0,69	0,70
$H_0: D_1^* = D_2^*$	-	-

* - – неоднородный ряд

Выполненный анализ показал, что ряд средних годовых уровней Онежского озера является неоднородным как по критерию Фишера, так и по критерию Стьюдента.

Проверка рядов на наличие трендов показала, что значимым является тренд на повышение уровня Онежского озера (табл. 10). Тренд уровня озера Сайма не значим.

Таблица 11 – Результаты проверки рядов на значимость тренда

Характеристики тренда	Онежское озеро	Озеро Сайма
R	0,52	0,093
σ_R	0,074	0,078
$ R /\sigma_R$	7,04	1,19
$t_{2\alpha}$	1,98	1,97
Значимость R	+	-

Результаты квантильного анализа рядов средних годовых значений позволили выявить для многолетней изменчивости уровней воды в озёрах годы высокого и низкого стояния (рис. 3, 4; табл. 11).

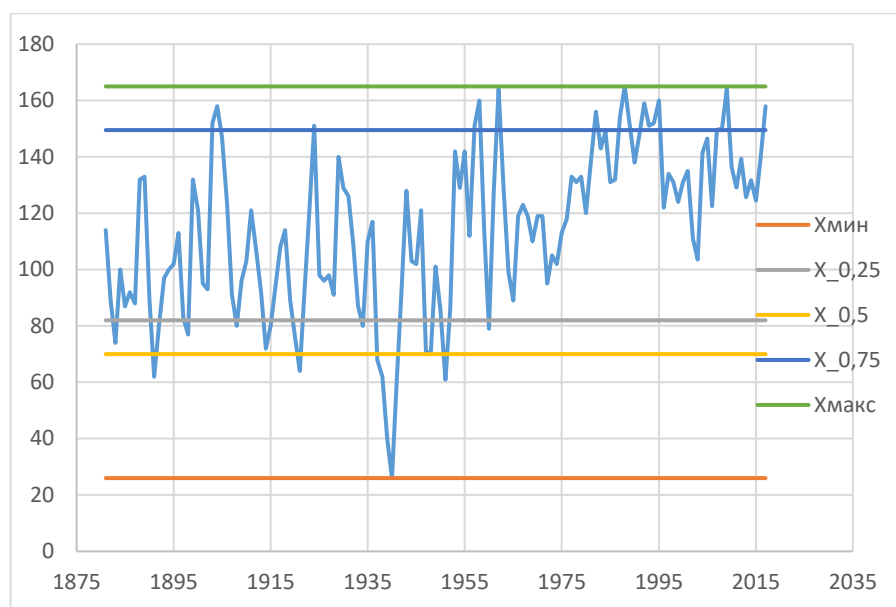


Рисунок 3 – Квантильная диаграмма среднегодовых уровней Онежского озера (1881-2017 гг.).

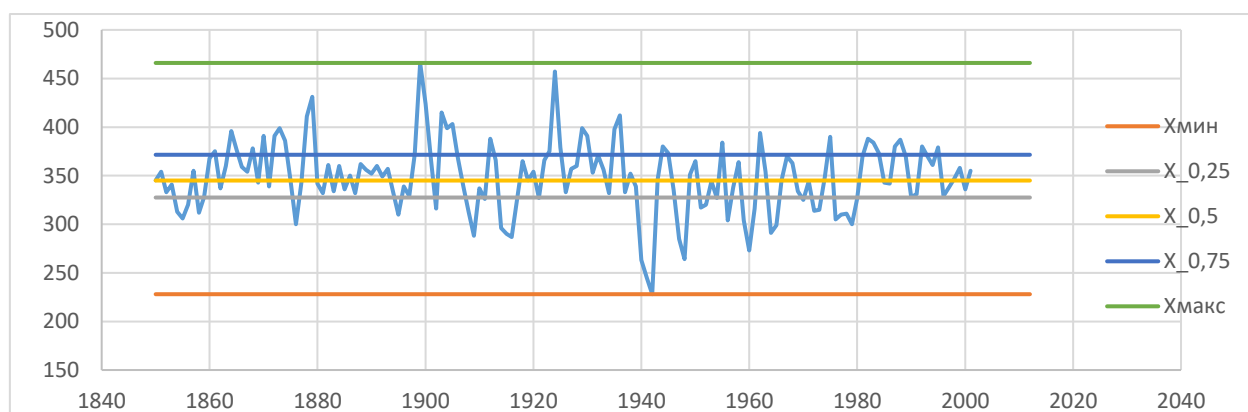


Рисунок 4 – Квантильная диаграмма среднегодовых уровней озера Сайма.

Таблица 12 – Годы высокого и низкого положений уровней Онежского озера

Годы высокого положения	Годы низкого положения
1903-1904	1883
1924	1891-1892
1957-1958	1892
1962	1898
1982	1908
1987-1989	1914-1915
1992-1995	1920-1921
2007-2009	1934-1935
2017	1937-1941
	1947-1948
	1951, 1960

Годы высокого и низкого стояния уровня воды в Онежском озере группировались в циклы продолжительностью от 2 до 5 лет. При этом годы низкого положения уровня чаще всего наблюдались до начала 1950-х годов. При этом в 1941 г наблюдался самый низкий уровень Онежского озера. Годы высокого стояния уровня чаще всего наблюдались после 1950-х годов.

Таблица 13 – Годы высокого и низкого положений уровней озера Сайма

Годы высокого положения	Годы низкого положения
1955	1956
1962	1959-1961
1967	1964-1965
1975	1972-1973
1981-1984	1976-1979
1987-1989	2002-2003
1992-1995	2006
2004-2005	2011
2007-2009	
2012	

Годы высокого и низкого стояния уровня воды в озере Сайма группировались в циклы продолжительностью от 2 до 4 лет. При этом годы низкого положения уровня чаще наблюдались до начала 2003 года. При этом в 1941 г также наблюдался самый низкий уровень озера Сайма. Годы высокого стояния уровня чаще всего наблюдались с 1980-х годов.

Для выделения периодов локальной нестационарности в рядах средних годовых уровней анализируемых озёр применялась низкочастотная фильтрация Баттерворта, результаты которой приведены на рис. 5 и 6. Из рисунков видно, что периоды повышения и понижения уровня воды продолжались несколько лет и сменялись, образуя циклы водности.

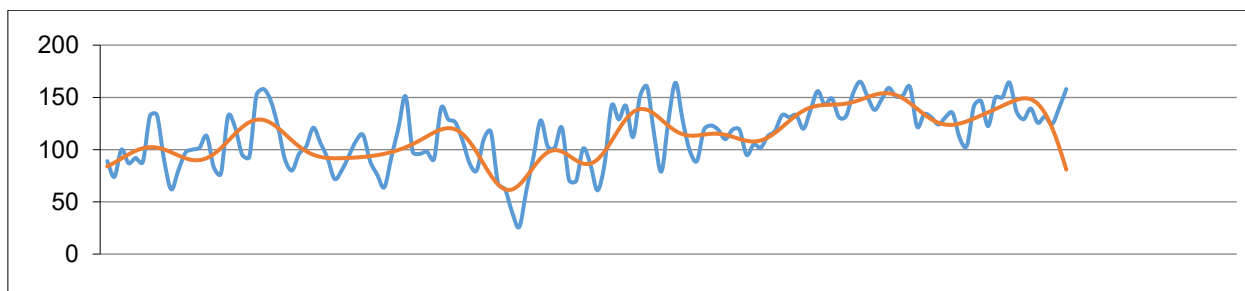


Рисунок 5 - Результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта ряда средних годовых уровней Онежского озера.

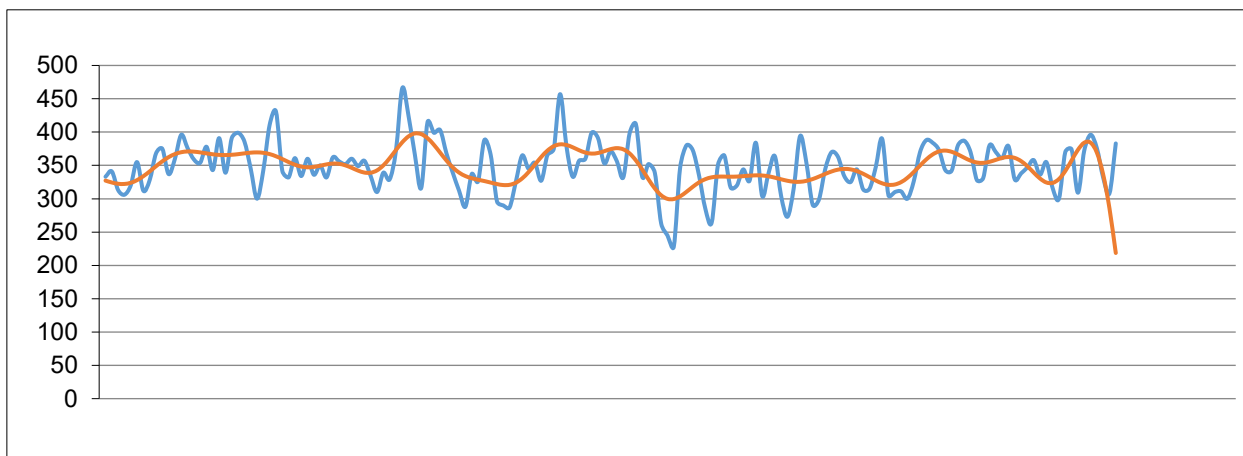


Рисунок 6 – Результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта ряда средних годовых уровней озера Сайма.

На графике оценки спектральной плотности, рассчитанной по ряду средних годовых уровней Онежского озера, четко выделяется один максимум, связанный с наличием в многолетней изменчивости процесса значимого тренда на повышение (рис. 7).

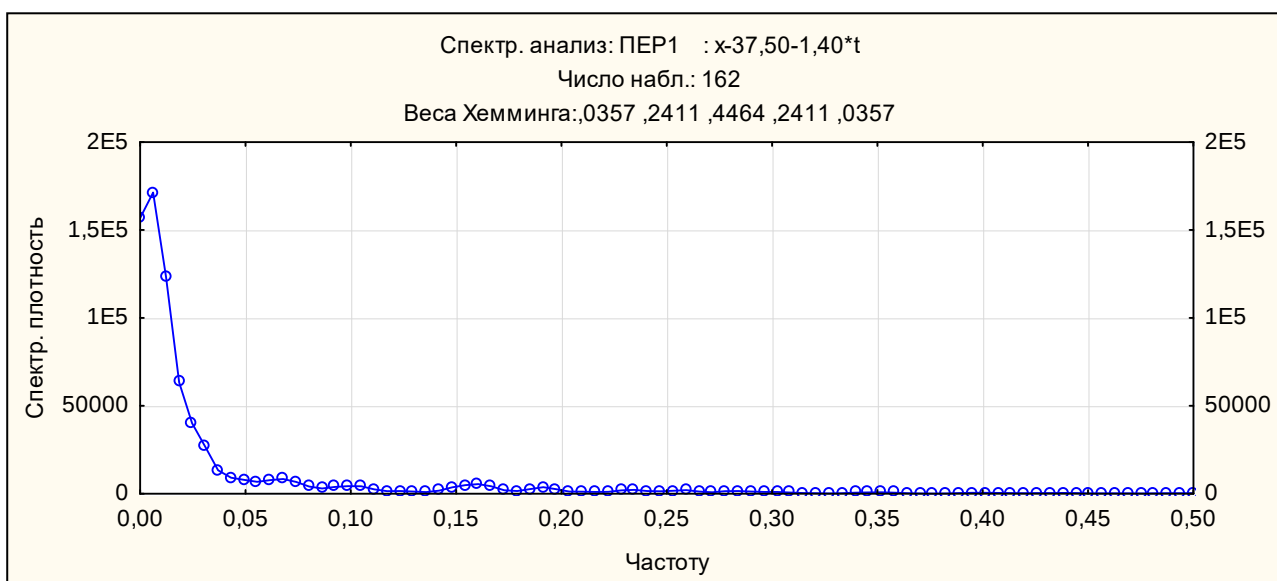


Рис. 7 – График оценки спектральной плотности среднегодовых уровней
Онежского озера.

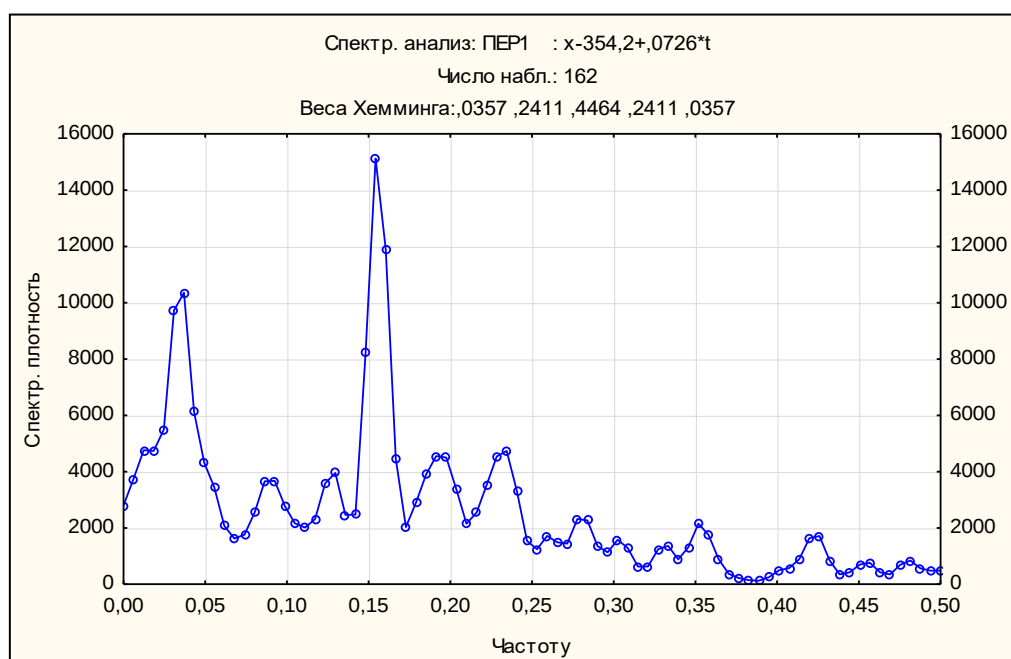


Рис. 8 – График оценки спектральной плотности среднегодовых уровней озера Сайма.

Для спектральной структуры ряда средних годовых значений уровня озера Сайма характерны два значимых максимума на частотах, соответствующих квази – 30-ти летнему и 5 – 6 летнему колебаниям (рис. 8).

4. Увлажненность территории

Для характеристики многолетней изменчивости увлажненности были рассчитаны временные ряды индексов Де-Мартона α^M в период с 1960 по 2018 г. с использованием данных по метеостанциям г. Петрозаводск, г. Тихвин, г. Выборг и г. Санкт-Петербург. Рассчитанные ряды индексов Де-Мартона α^M с нанесёнными линиями трендов приведены на рис. 9.

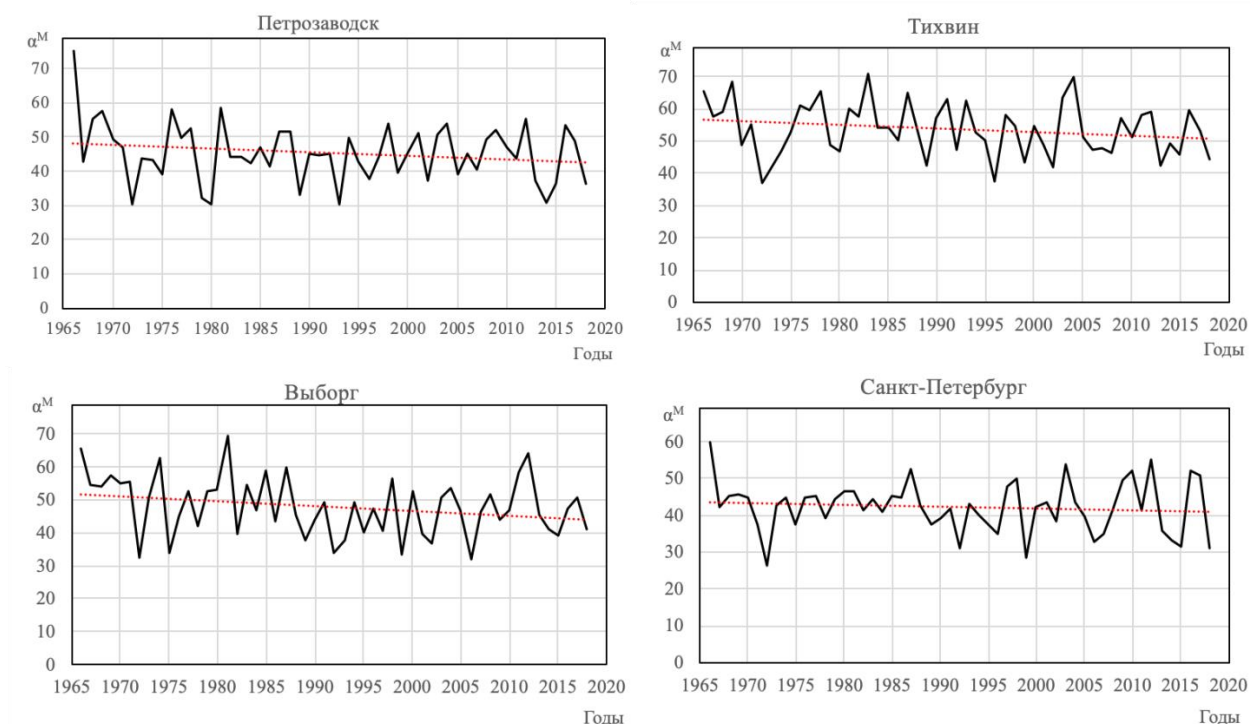


Рисунок 9 – Индексы Де-Мартона.

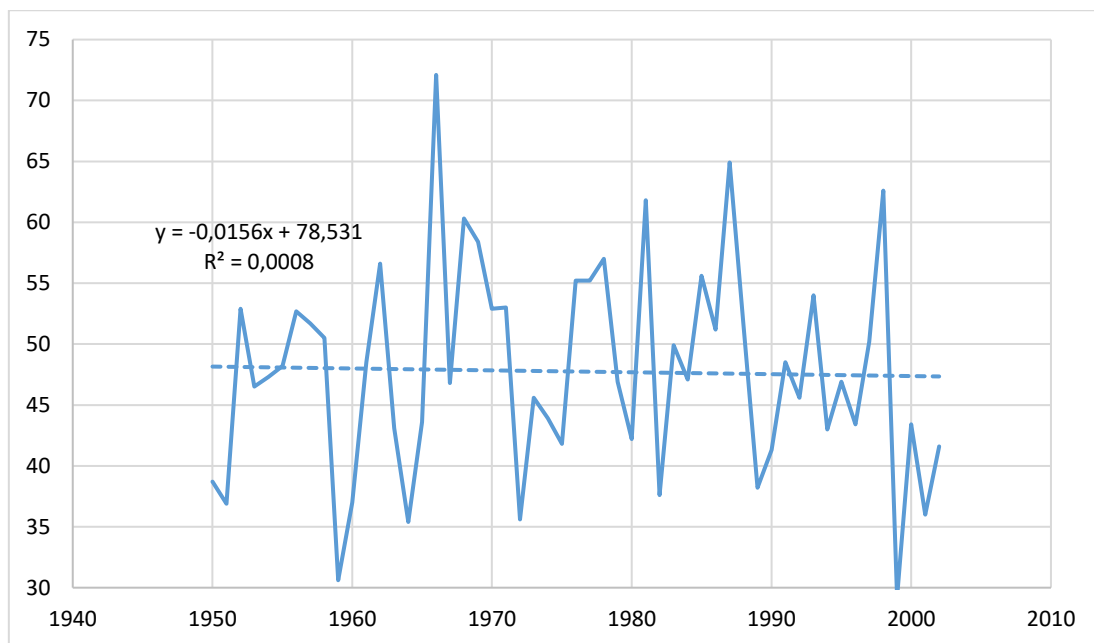


Рисунок 10 – Интегральный индекс для всего водосбора Онежского бассейна.

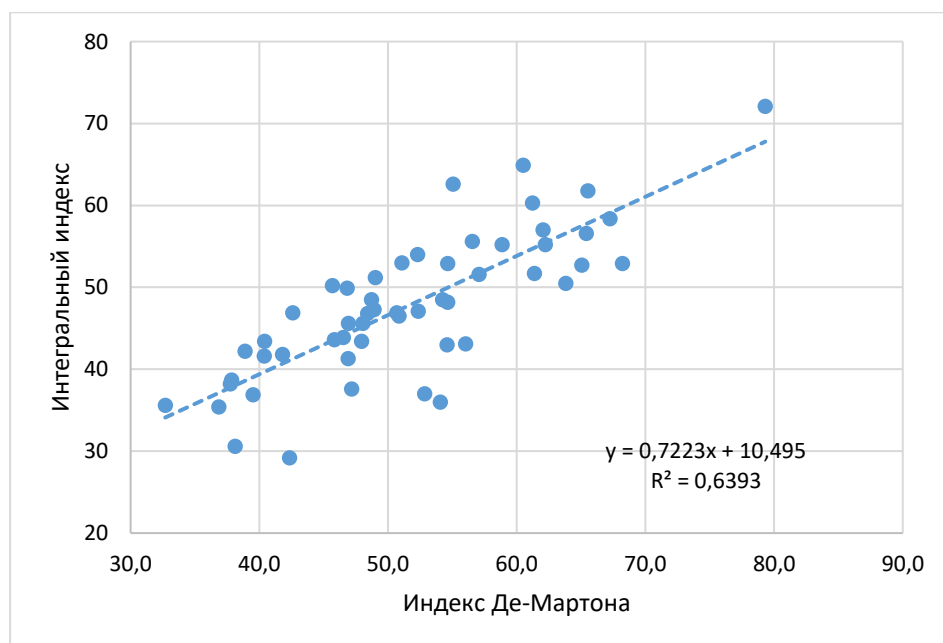


Рисунок 11 – График связи интегрального индекса и индекса Де-Мартона.

На полученных графиках наблюдаются слабо выраженные отрицательные тренды, что свидетельствует об уменьшении увлажненности территорий озёрных бассейнов Ладожской озёрной системы. Это может быть вызвано потеплением климата при незначительном увеличении количества осадков,

что, в свою очередь, может быть связано со сменой циркуляционных эпох, которая достаточно хорошо просматривается через изменение индекса Северо-Атлантического колебания [8].

Заключение

Особенности уровня режима рассмотренных озёр различны. Так, для многолетней изменчивости уровня Онежского озера характерен значимый тренд на повышение, особенно четко выраженный с 1954 года, после строительства Верхне-Свирской ГЭС. Для изменений уровня озера Сайма прослеживается тенденция на незначительное понижение, которая согласуется с аналогичной тенденцией в изменении увлажнённости территории.

На фоне отмеченных общих тенденций наблюдаются периоды локальной нестационарности, которые проявляются в повышении и понижении уровня озёр продолжительностью в несколько лет. Ветви роста и спада уровней воды формируют квазициклы продолжительностью в несколько десятилетий.

Список литературы

1. Богословский Б.Б., Филь С.А. Классификация водоемов по внешнему водообмену // Географо-гидрологический метод исследования вод суши. – М.: изд. АН. СССР. Геогр. общ. СССР, 1984, с. 54 – 60.
2. Будыко М.И., Юдин М.И. О колебаниях уровня непроточных озер // Метеорология и гидрология, 1960, № 8, с. 15 – 19.
3. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1996 году / Госомэкологии РФ. Зеленый мир. 1997, № 24,25
4. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды в Республики Карелия в 1994 году / Минэкология РК, Петрозаводск, 1995. 126 с.
5. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 1995 году / Минэкология РК, Петрозаводск, 1996. 138 с.
6. Григорьев С.В. Энергетическое значение и использование вод бассейна Онежского озера // Онежское озеро как объект хозяйственного использования.-Л.,Наука, 19703 с. 20-59
7. Григорьев А.С. Вероятностные модели влияния климата на гидрологический режим озер: Автореф. Дисс., канд. физ.-мат. наук. – СПб., 2000. – 18 с.
8. Громов А.Ю. Применение цифровых фильтров Баттерворта в океанологии. В кн.: Режимообразующие факторы, информационная база и методы ее анализа. – Л.: Гидрометеиздат, 1989, с. 22 – 35.
9. Догановский А.М. Многолетние колебания уровня Ладожского озера // Современные проблемы гидрометеорологии. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006, с. 175 – 183.
10. Кириллова В.А. Озеро Ильмень // Природные ресурсы больших озер СССР и вероятностные их изменения. – Л. 1984.

11. Лемешко Н.А., Сперанская Н.А. Особенности увлажнения Европейской территории России в условиях изменяющегося климата // Современные проблемы гидрометеорологии. – СПб.: Астерион, 2006, с. 38 – 54.
12. Лозовик П.А., Сабылина А.В. Изменение режима водоемов Карелии в результате антропогенного воздействия // Водные ресурсы Карелии и экология. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 1992, с. 45-55
13. Мякишева Н.В. Особенности увлажненности бассейнов больших европейских озер в условиях современного климата // Ученые записки РГГМУ, вып. № 11: СПб.: изд. РГГМУ, 2009, с. 5 – 15.
14. Мякишева Н.В., Догановский А.М. Водный баланс и уровень воды озера Ильмень в разных временных интервалах // Труды IV Международного симпозиума по Ладожскому озеру. Великий Новгород. Россия. 2 – 6 сентября 2002 г. – СПб.: изд. НИИ химии СПбГУ, 2003, с. 175 – 179.
15. Мякишева Н.В., Трапезников Ю.А. Авторегрессионная модель межгодовой изменчивости гидрометеорологических процессов // Вероятностный анализ и моделирование океанологических процессов. Л., 1984.
16. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Ч. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1972.
17. Рожков В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. Книга 2. СПб. Гидрометеиздат. 2002. – 780 с.
18. Рожков В.А., Трапезников Ю.А. Вероятностные модели океанологических процессов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990 – 270 с.
19. Российская Академия Наук //Институт озероведения. Ладога. – Под редакцией Академика РАН, проф. В.А. Румянцева д-ра физ.-мат. Наук С.А. Кондратьева, 2013. – 560 с.
20. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология» – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.

Приложения

Приложение А – Таблицы

Среднегодовые уровни Онежского озера

1881	114	1921	64	1961	128	2001	135
1882	89	1922	93	1962	164	2002	111
1883	74	1923	121	1963	128	2003	104
1884	100	1924	151	1964	99	2004	142
1885	87	1925	98	1965	89	2005	147
1886	92	1926	96	1966	119	2006	123
1887	88	1927	98	1967	123	2007	150
1888	132	1928	91	1968	119	2008	150
1889	133	1929	140	1969	110	2009	164
1890	90	1930	129	1970	119	2010	136
1891	62	1931	126	1971	119	2011	129
1892	80	1932	109	1972	95	2012	139
1893	97	1933	87	1973	105	2013	126
1894	100	1934	80	1974	102	2014	132
1895	102	1935	110	1975	113	2015	125
1896	113	1936	117	1976	118	2016	140
1897	83	1937	68	1977	133	2017	158
1898	77	1938	62	1978	131		
1899	132	1939	40	1979	133		
1900	121	1940	26	1980	120		
1901	95	1941	61	1981	138		
1902	93	1942	93	1982	156		
1903	152	1943	128	1983	143		
1904	158	1944	103	1984	149		
1905	147	1945	102	1985	131		
1906	123	1946	121	1986	132		
1907	91	1947	71	1987	154		
1908	80	1948	70	1988	165		
1909	96	1949	101	1989	151		
1910	103	1950	86	1990	138		
1911	121	1951	61	1991	148		
1912		1952	86	1992	159		
1913	92	1953	142	1993	151		
1914	72	1954	129	1994	152		
1915	80	1955	142	1995	160		
1916	94	1956	112	1996	122		
1917	108	1957	151	1997	134		
1918	114	1958	160	1998	131		
1919	89	1959	114	1999	124		
1920	76	1960	79	2000	131		

Среднегодовые уровни озера Сайма

1850	345	1888	362	1926	333	1964	291	2002	316
1851	354	1889	356	1927	357	1965	299	2003	300
1852	333	1890	352	1928	360	1966	345	2004	370
1853	341	1891	360	1929	399	1967	370	2005	374
1854	313	1892	349	1930	391	1968	363	2006	309
1855	306	1893	357	1931	353	1969	334	2007	372
1856	320	1894	334	1932	371	1970	325	2008	396
1857	355	1895	310	1933	356	1971	344	2009	376
1858	312	1896	339	1934	332	1972	314	2010	332
1859	328	1897	329	1935	398	1973	315	2011	308
1860	368	1898	372	1936	412	1974	348	2012	383
1861	375	1899	466	1937	333	1975	390		
1862	337	1900	424	1938	352	1976	305		
1863	360	1901	366	1939	339	1977	310		
1864	396	1902	316	1940	263	1978	311		
1865	376	1903	415	1941	245	1979	300		
1866	359	1904	399	1942	228	1980	326		
1867	354	1905	403	1943	346	1981	370		
1868	378	1906	368	1944	380	1982	388		
1869	343	1907	339	1945	373	1983	384		
1870	391	1908	312	1946	335	1984	373		
1871	339	1909	288	1947	285	1985	343		
1872	391	1910	337	1948	264	1986	342		
1873	399	1911	326	1949	351	1987	380		
1874	386	1912	388	1950	365	1988	387		
1875	345	1913	366	1951	317	1989	370		
1876	300	1914	296	1952	320	1990	328		
1877	343	1915	290	1953	344	1991	331		
1878	411	1916	287	1954	327	1992	380		
1879	431	1917	326	1955	384	1993	370		
1880	342	1918	365	1956	304	1994	361		
1881	332	1919	345	1957	338	1995	379		
1882	361	1920	354	1958	364	1996	329		
1883	334	1921	327	1959	304	1997	338		
1884	360	1922	366	1960	273	1998	347		
1885	336	1923	375	1961	316	1999	358		
1886	350	1924	457	1962	394	2000	336		
1887	332	1925	379	1963	354	2001	355		

Среднегодовая температура воздуха на станции Петрозаводск

Годы	СРГОД	СРГОД+10
1950	2,73	12,7
1951	2,78	12,8
1952	2,13	12,1
1953	2,78	12,8
1954	3,05	13,1
1955	0,68	10,7
1956	0,73	10,7
1957	3,29	13,3
1958	1,16	11,2
1959	3,08	13,1
1960	2,35	12,4
1961	4,05	14,1
1962	2,53	12,5
1963	1,83	11,8
1964	2,70	12,7
1965	1,94	11,9
1966	0,31	10,3
1967	3,23	13,2
1968	1,44	11,4
1969	0,91	10,9
1970	2,32	12,3
1971	1,83	11,8
1972	3,53	13,5
1973	2,50	12,5
1974	4,22	14,2
1975	4,14	14,1
1976	1,00	11,0
1977	2,38	12,4
1978	0,70	10,7
1979	2,46	12,5
1980	2,02	12,0
1981	3,02	13,0
1982	2,88	12,9
1983	3,59	13,6
1984	3,30	13,3
1985	0,59	10,6
1986	2,15	12,2
1987	0,61	10,6
1988	2,98	13,0

Уровни воды Онежского озера

№ п/п	Годы	уровни	ранж	№ п/п	Годы	уровни	ранж
1	1881	114	26	70	1950	86	119
2	1882	89	40	71	1951	61	119
3	1883	74	61	72	1952	86	119
4	1884	100	61	73	1953	142	119
5	1885	87	62	74	1954	129	120
6	1886	92	62	75	1955	142	121
7	1887	88	64	76	1956	112	121
8	1888	132	68	77	1957	151	121
9	1889	133	70	78	1958	160	121
10	1890	90	71	79	1959	114	122
11	1891	62	72	80	1960	79	123
12	1892	80	74	81	1961	128	123
13	1893	97	76	82	1962	164	123
14	1894	100	77	83	1963	128	124
15	1895	102	79	84	1964	99	125
16	1896	113	80	85	1965	89	126
17	1897	83	80	86	1966	119	126
18	1898	77	80	87	1967	123	128
19	1899	132	80	88	1968	119	128
20	1900	121	83	89	1969	110	128
21	1901	95	86	90	1970	119	129
22	1902	93	86	91	1971	119	129
23	1903	152	87	92	1972	95	129
24	1904	158	87	93	1973	105	131
25	1905	147	88	94	1974	102	131
26	1906	123	89	95	1975	113	131
27	1907	91	89	96	1976	118	131
28	1908	80	89	97	1977	133	132
29	1909	96	90	98	1978	131	132
30	1910	103	91	99	1979	133	132
31	1911	121	91	100	1980	120	132
32	1912	107	92	101	1981	138	133
33	1913	92	92	102	1982	156	133
34	1914	72	93	103	1983	143	133
35	1915	80	93	104	1984	149	134
36	1916	94	93	105	1985	131	135
37	1917	108	94	106	1986	132	136
38	1918	114	95	107	1987	154	138
39	1919	89	95	108	1988	165	138
40	1920	76	96	109	1989	151	139
41	1921	64	96	110	1990	138	140

42	1922	93	97	111	1991	148	140
43	1923	121	98	112	1992	159	142
44	1924	151	98	113	1993	151	142
45	1925	98	99	114	1994	152	142
46	1926	96	100	115	1995	160	143
47	1927	98	100	116	1996	122	147
48	1928	91	101	117	1997	134	147
49	1929	140	102	118	1998	131	148
50	1930	129	102	119	1999	124	149
51	1931	126	102	120	2000	131	150
52	1932	109	103	121	2001	135	150
53	1933	87	103	122	2002	111	151
54	1934	80	104	123	2003	104	151
55	1935	110	105	124	2004	142	151
56	1936	117	107	125	2005	147	151
57	1937	68	108	126	2006	123	152
58	1938	62	109	127	2007	150	152
59	1939	40	110	128	2008	150	154
60	1940	26	110	129	2009	164	156
61	1941	61	111	130	2010	136	158
62	1942	93	112	131	2011	129	158
63	1943	128	113	132	2012	139	159
64	1944	103	113	133	2013	126	160
65	1945	102	114	134	2014	132	160
66	1946	121	114	135	2015	125	164
67	1947	71	114	136	2016	140	164
68	1948	70	117	137	2017	158	165
69	1949	101	118				

Уровни воды Онежского озера

		уровни	ранж
1	1881	114	26
2	1882	89	40
3	1883	74	61
4	1884	100	61
5	1885	87	62
6	1886	92	62
7	1887	88	64
8	1888	132	68
9	1889	133	70
10	1890	90	71
11	1891	62	72
12	1892	80	74
13	1893	97	76
14	1894	100	77
15	1895	102	80
16	1896	113	80
17	1897	83	80
18	1898	77	80
19	1899	132	83
20	1900	121	86
21	1901	95	86
22	1902	93	87
23	1903	152	87
24	1904	158	88
25	1905	147	89
26	1906	123	89
27	1907	91	90
28	1908	80	91
29	1909	96	91
30	1910	103	92
31	1911	121	92
32	1912	107	93
33	1913	92	93
34	1914	72	93
35	1915	80	94
36	1916	94	95
37	1917	108	96
38	1918	114	96
39	1919	89	97
40	1920	76	98
41	1921	64	98

42	1922	93	100
43	1923	121	100
44	1924	151	101
45	1925	98	102
46	1926	96	102
47	1927	98	103
48	1928	91	103
49	1929	140	106
50	1930	129	108
51	1931	126	109
52	1932	109	110
53	1933	87	113
54	1934	80	114
55	1935	110	114
56	1936	117	117
57	1937	68	121
58	1938	62	121
59	1939	40	121
60	1940	26	121
61	1941	61	123
62	1942	93	126
63	1943	128	128
64	1944	103	129
65	1945	102	132
66	1946	121	132
67	1947	71	133
68	1948	70	140
69	1949	101	142
70	1950	86	147
71	1951	61	151
72	1952	86	152
73	1953	142	158

Уровни воды Онежского озера

		уровни	ранж
1	1954	129	79
2	1955	142	89
3	1956	112	95
4	1957	151	99
5	1958	160	102
6	1959	114	104
7	1960	79	105
8	1961	128	110
9	1962	164	111
10	1963	128	112
11	1964	99	113
12	1965	89	114
13	1966	119	118
14	1967	123	119
15	1968	119	119
16	1969	110	119
17	1970	119	119
18	1971	119	120
19	1972	95	122
20	1973	105	123
21	1974	102	123
22	1975	113	124
23	1976	118	125
24	1977	133	126
25	1978	131	128
26	1979	133	128
27	1980	120	129
28	1981	138	129
29	1982	156	131
30	1983	143	131
31	1984	149	131
32	1985	131	131
33	1986	132	132
34	1987	154	132
35	1988	165	133
36	1989	151	133
37	1990	138	134
38	1991	148	135
39	1992	159	136
40	1993	151	138
41	1994	152	138

42	1995	160	139
43	1996	122	140
44	1997	134	142
45	1998	131	142
46	1999	124	143
47	2000	131	147
48	2001	135	148
49	2002	111	149
50	2003	104	150
51	2004	142	150
52	2005	147	151
53	2006	123	151
54	2007	150	151
55	2008	150	152
56	2009	164	154
57	2010	136	156
58	2011	129	158
59	2012	139	159
60	2013	126	160
61	2014	132	160
62	2015	125	164
63	2016	140	164
64	2017	158	165

Уровни воды озера Сайма

№ п/п	Го- ды	уро- вень	ран ж	№ п/п	Го- ды	уро- вень	ран ж	№ п/п	Го- ды	уро- вень	ран ж
1	1850	345	300	1	1899	466	228	1	1950	365	273
2	1851	354	306	2	1900	424	245	2	1951	317	291
3	1852	333	310	3	1901	366	263	3	1952	320	299
4	1853	341	312	4	1902	316	264	4	1953	344	300
5	1854	313	313	5	1903	415	285	5	1954	327	300
6	1855	306	320	6	1904	399	287	6	1955	384	304
7	1856	320	328	7	1905	403	288	7	1956	304	304
8	1857	355	329	8	1906	368	290	8	1957	338	305
9	1858	312	332	9	1907	339	296	9	1958	364	308
10	1859	328	332	10	1908	312	312	10	1959	304	309
11	1860	368	333	11	1909	288	316	11	1960	273	310
12	1861	375	334	12	1910	337	326	12	1961	316	311
13	1862	337	334	13	1911	326	326	13	1962	394	314
14	1863	360	336	14	1912	388	327	14	1963	354	315
15	1864	396	337	15	1913	366	332	15	1964	291	316
16	1865	376	339	16	1914	296	333	16	1965	299	316

№ п/п	Го- ды	уро- вень	ран ж	№ п/п	Го- ды	уро- вень	ран ж	№ п/п	Го- ды	уро- вень	ран ж
17	1866	359	339	17	1915	290	333	17	1966	345	317
18	1867	354	341	18	1916	287	335	18	1967	370	320
19	1868	378	342	19	1917	326	337	19	1968	363	325
20	1869	343	343	20	1918	365	339	20	1969	334	326
21	1870	391	343	21	1919	345	339	21	1970	325	327
22	1871	339	345	22	1920	354	345	22	1971	344	328
23	1872	391	345	23	1921	327	346	23	1972	314	329
24	1873	399	349	24	1922	366	351	24	1973	315	331
25	1874	386	350	25	1923	375	352	25	1974	348	332
26	1875	345	352	26	1924	457	353	26	1975	390	334
27	1876	300	354	27	1925	379	354	27	1976	305	336
28	1877	343	354	28	1926	333	356	28	1977	310	338
29	1878	411	355	29	1927	357	357	29	1978	311	338
30	1879	431	356	30	1928	360	360	30	1979	300	342
31	1880	342	357	31	1929	399	365	31	1980	326	343
32	1881	332	359	32	1930	391	366	32	1981	370	344
33	1882	361	360	33	1931	353	366	33	1982	388	344
34	1883	334	360	34	1932	371	366	34	1983	384	345
35	1884	360	360	35	1933	356	368	35	1984	373	347
36	1885	336	361	36	1934	332	371	36	1985	343	348
37	1886	350	362	37	1935	398	373	37	1986	342	354
38	1887	332	368	38	1936	412	375	38	1987	380	355
39	1888	362	372	39	1937	333	379	39	1988	387	358
40	1889	356	375	40	1938	352	380	40	1989	370	361
41	1890	352	376	41	1939	339	388	41	1990	328	363
42	1891	360	378	42	1940	263	391	42	1991	331	364
43	1892	349	386	43	1941	245	398	43	1992	380	365
44	1893	357	391	44	1942	228	399	44	1993	370	370
45	1894	334	391	45	1943	346	399	45	1994	361	370
46	1895	310	396	46	1944	380	403	46	1995	379	370
47	1896	339	399	47	1945	373	412	47	1996	329	370
48	1897	329	411	48	1946	335	415	48	1997	338	370
49	1898	372	431	49	1947	285	424	49	1998	347	372
				50	1948	264	457	50	1999	358	373
				51	1949	351	466	51	2000	336	374
								52	2001	355	376
								53	2002	316	379
								54	2003	300	380
								55	2004	370	380
								56	2005	374	383
								57	2006	309	384
								58	2007	372	384

№ п/п	Го- ды	уро- вень	ран ж	№ п/п	Го- ды	уро- вень	ран ж	№ п/п	Го- ды	уро- вень	ран ж
								59	2008	396	387
								60	2009	376	388
								61	2010	332	390
								62	2011	308	394
								63	2012	383	396

Уровни воды в озере Сайма

№ п/п	Годы	уровень	ранж	№ п/п	Годы	уровень	ранж
1	1850	345	300	26	1875	345	352
2	1851	354	306	27	1876	300	354
3	1852	333	310	28	1877	343	354
4	1853	341	312	29	1878	411	355
5	1854	313	313	30	1879	431	356
6	1855	306	320	31	1880	342	357
7	1856	320	328	32	1881	332	359
8	1857	355	329	33	1882	361	360
9	1858	312	332	34	1883	334	360
10	1859	328	332	35	1884	360	360
11	1860	368	333	36	1885	336	361
12	1861	375	334	37	1886	350	362
13	1862	337	334	38	1887	332	368
14	1863	360	336	39	1888	362	372
15	1864	396	337	40	1889	356	375
16	1865	376	339	41	1890	352	376
17	1866	359	339	42	1891	360	378
18	1867	354	341	43	1892	349	386
19	1868	378	342	44	1893	357	391
20	1869	343	343	45	1894	334	391
21	1870	391	343	46	1895	310	396
22	1871	339	345	47	1896	339	399
23	1872	391	345	48	1897	329	411
24	1873	399	349	49	1898	372	431
25	1874	386	350				

Уровни воды в озере Сайма

№ п/п	Годы	уровень	ранж	№ п/п	Годы	уровень	ранж
1	1899	466	228	27	1925	379	354
2	1900	424	245	28	1926	333	356
3	1901	366	263	29	1927	357	357
4	1902	316	264	30	1928	360	360
5	1903	415	285	31	1929	399	365
6	1904	399	287	32	1930	391	366
7	1905	403	288	33	1931	353	366
8	1906	368	290	34	1932	371	366
9	1907	339	296	35	1933	356	368
10	1908	312	312	36	1934	332	371
11	1909	288	316	37	1935	398	373
12	1910	337	326	38	1936	412	375
13	1911	326	326	39	1937	333	379
14	1912	388	327	40	1938	352	380
15	1913	366	332	41	1939	339	388
16	1914	296	333	42	1940	263	391
17	1915	290	333	43	1941	245	398
18	1916	287	335	44	1942	228	399
19	1917	326	337	45	1943	346	399
20	1918	365	339	46	1944	380	403
21	1919	345	339	47	1945	373	412
22	1920	354	345	48	1946	335	415
23	1921	327	346	49	1947	285	424
24	1922	366	351	50	1948	264	457
25	1923	375	352	51	1949	351	466
26	1924	457	353				

Уровни воды в озере Сайма

№ п/п	Годы	уровень	ранж	№ п/п	Годы	уровень	ранж
1	1950	365	273	33	1982	388	344
2	1951	317	291	34	1983	384	345
3	1952	320	299	35	1984	373	347
4	1953	344	300	36	1985	343	348
5	1954	327	300	37	1986	342	354
6	1955	384	304	38	1987	380	355
7	1956	304	304	39	1988	387	358
8	1957	338	305	40	1989	370	361
9	1958	364	308	41	1990	328	363
10	1959	304	309	42	1991	331	364
11	1960	273	310	43	1992	380	365

№ п/п	Годы	уровень	ранж	№ п/п	Годы	уровень	ранж
12	1961	316	311	44	1993	370	370
13	1962	394	314	45	1994	361	370
14	1963	354	315	46	1995	379	370
15	1964	291	316	47	1996	329	370
16	1965	299	316	48	1997	338	370
17	1966	345	317	49	1998	347	372
18	1967	370	320	50	1999	358	373
19	1968	363	325	51	2000	336	374
20	1969	334	326	52	2001	355	376
21	1970	325	327	53	2002	316	379
22	1971	344	328	54	2003	300	380
23	1972	314	329	55	2004	370	380
24	1973	315	331	56	2005	374	383
25	1974	348	332	57	2006	309	384
26	1975	390	334	58	2007	372	384
27	1976	305	336	59	2008	396	387
28	1977	310	338	60	2009	376	388
29	1978	311	338	61	2010	332	390
30	1979	300	342	62	2011	308	394
31	1980	326	343	63	2012	383	396
32	1981	370	344				

Фильтрация Баттерворта

1881	114	
1882	89	83,89867
1883	74	87,52779
1884	100	91,50951
1885	87	95,4461
1886	92	98,85188
1887	88	101,257
1888	132	102,3179
1889	133	101,9065
1890	90	100,1574
1891	62	97,46217
1892	80	94,41319
1893	97	91,7105
1894	100	90,04823
1895	102	89,99868
1896	113	91,90965
1897	83	95,82857
1898	77	101,4669
1899	132	108,2162

1900	121	115,2237
1901	95	121,523
1902	93	126,2033
1903	152	128,5827
1904	158	128,3467
1905	147	125,6116
1906	123	120,8932
1907	91	114,9856
1908	80	108,7803
1909	96	103,0778
1910	103	98,43898
1911	121	95,11536
1912	106,5	93,0665
1913	92	92,047
1914	72	91,72718
1915	80	91,80553
1916	94	92,08147
1917	108	92,47512
1918	114	93,002
1919	89	93,7252
1920	76	94,71177
1921	64	96,01222
1922	93	97,66656
1923	121	99,72279
1924	151	102,244
1925	98	105,2824
1926	96	108,8134
1927	98	112,648
1928	91	116,3592
1929	140	119,2686
1930	129	120,5279
1931	126	119,2989
1932	109	114,9997
1933	87	107,551
1934	80	97,53809
1935	110	86,21598
1936	117	75,32397
1937	68	66,7298
1938	62	61,98377
1939	40	61,90312
1940	26	66,3136
1941	61	74,04099
1942	93	83,17691
1943	128	91,56051

1944	103	97,3477
1945	102	99,50577
1946	121	98,08774
1947	71	94,20351
1948	70	89,69437
1949	101	86,60548
1950	86	86,60988
1951	61	90,5484
1952	86	98,2118
1953	142	108,4168
1954	129	119,3414
1955	142	129,0126
1956	112	135,8054
1957	151	138,8154
1958	160	138,0179
1959	114	134,1889
1960	79	128,6309
1961	128	122,797
1962	164	117,9207
1963	128	114,7465
1964	99	113,4206
1965	89	113,5508
1966	119	114,4009
1967	123	115,156
1968	119	115,1793
1969	110	114,1961
1970	119	112,3595
1971	119	110,1912
1972	95	108,4218
1973	105	107,7788
1974	102	108,785
1975	113	111,6175
1976	118	116,0638
1977	133	121,5784
1978	131	127,4221
1979	133	132,8405
1980	120	137,2379
1981	138	140,3004
1982	156	142,0451
1983	143	142,7844
1984	149	143,0219
1985	131	143,3068
1986	132	144,0834
1987	154	145,5729

1988	165	147,7118
1989	151	150,1629
1990	138	152,3934
1991	148	153,8027
1992	159	153,8699
1993	151	152,288
1994	152	149,0507
1995	160	144,4732
1996	122	139,1375
1997	134	133,7753
1998	131	129,1158
1999	124	125,7357
2000	131	123,9501
2001	135	123,7728
2002	111	124,9564
2003	103,5	127,0986
2004	141,5	129,7795
2005	146,5	132,6846
2006	122,5	135,6663
2007	149,5833	138,7167
2008	150	141,8538
2009	164,1667	144,9567
2010	136,4167	147,6112
2011	129,0833	149,0365
2012	139,3333	148,1442
2013	125,6667	143,7427
2014	131,6667	134,8479
2015	124,5	121,0173
2016	140	102,6007
2017	158	80,81606
		57,60285
		35,27456
		16,05342
		1,61133
		-7,25875
		-10,7553
		-9,94261
		-6,434
		-1,97888
		1,930711
		4,337158
		4,922725
		3,941572
		2,023225

		-0,08
		-1,7257
		-2,53639
		-2,4503
		-1,67428
		-0,57119
		0,474177

Значения элементов фильтров Баттерворта

Частота	Период	Косинус коэфф.	Синус коэфф.	Периодограмма	Плотность
0,000000		-1,4513	0,0000	170,6	156883,8
0,006173	162,0000	59,6980	17,7823	314285,2	171354,8
0,012346	81,0000	28,2697	-10,6276	73881,9	123319,4
0,018519	54,0000	0,1723	-26,1116	55229,3	63399,5
0,024691	40,5000	-13,2850	-15,9979	35026,4	40142,6
0,030864	32,4000	-19,5286	7,4634	35402,4	26807,8
0,037037	27,0000	2,1218	1,3713	517,0	13400,0
0,043210	23,1429	9,9641	7,7779	12942,1	9126,1
0,049383	20,2500	9,4784	1,1591	7385,9	7936,5
0,055556	18,0000	2,7702	-7,3588	5008,0	6818,7
0,061728	16,2000	-2,1032	-9,8499	8217,0	7804,4
0,067901	14,7273	-11,1019	-0,9843	10062,0	8414,4
0,074074	13,5000	-9,0965	-0,0718	6702,8	6712,4
0,080247	12,4615	5,6217	4,3765	4111,3	4111,6
0,086420	11,5714	0,3531	-1,8075	274,7	3007,3
0,092593	10,8000	5,0021	-7,4916	6572,8	3889,7
0,098765	10,1250	-4,7308	-1,3057	1950,9	4328,0
0,104938	9,5294	-9,1494	-3,2162	7618,4	4311,0
0,111111	9,0000	-2,3633	1,8578	732,0	2516,1
0,117284	8,5263	-2,3843	2,0346	795,8	1447,8
0,123457	8,1000	4,7178	-3,0479	2555,3	1579,4
0,129630	7,7143	2,2170	-2,1779	782,3	1216,3
0,135802	7,3636	1,0888	-3,1441	896,7	920,2
0,141975	7,0435	-1,3906	0,5215	178,7	1788,2
0,148148	6,7500	-3,1910	7,6082	5513,4	3692,6
0,154321	6,4800	-6,7066	1,3275	3786,0	4862,5
0,160494	6,2308	9,1691	0,2973	6817,0	5464,2
0,166667	6,0000	7,8671	2,2289	5415,6	4286,6
0,172840	5,7857	-1,3887	0,2384	160,8	2033,1
0,179012	5,5862	-3,9459	-1,5055	1444,8	1527,1
0,185185	5,4000	-4,6883	0,3809	1792,1	2701,2
0,191358	5,2258	-8,3413	2,3929	6099,6	3730,4
0,197531	5,0625	-0,7398	5,0937	2146,0	2595,2
0,203704	4,9091	-0,4157	-1,4330	180,3	1256,5
0,209877	4,7647	4,4991	-0,5087	1660,5	1143,9
0,216049	4,6286	-1,0392	-3,5937	1133,6	1057,7
0,222222	4,5000	0,2364	1,7711	258,6	1125,3
0,228395	4,3784	-4,4523	2,9543	2312,7	1953,5
0,234568	4,2632	5,0699	3,9601	3352,2	2213,6
0,240741	4,1538	-1,0244	1,5606	282,3	1582,2
0,246914	4,0500	5,3310	0,0247	2302,0	1437,1

0,253086	3,9512	0,8423	-1,7069	293,5	1719,2
0,259259	3,8571	6,3338	-3,4680	4223,6	2083,5
0,265432	3,7674	0,9638	0,8858	138,8	1246,1
0,271605	3,6818	1,9909	-0,1087	322,0	902,7
0,277778	3,6000	3,8174	3,5132	2180,1	1441,6
0,283951	3,5217	2,8779	2,9462	1374,0	1534,0
0,290123	3,4468	3,7896	-2,1189	1526,9	1251,0
0,296296	3,3750	-0,4101	-2,2733	432,2	1005,9
0,302469	3,3061	-3,7587	-2,2893	1568,9	987,8
0,308642	3,2400	1,4108	-2,0208	492,0	698,2
0,314815	3,1765	-1,7478	-0,6613	282,9	417,1
0,320988	3,1154	-0,8967	-2,2283	467,3	319,6
0,327160	3,0566	0,5240	0,9700	98,4	213,6
0,333333	3,0000	-0,3448	-0,6386	42,7	322,2
0,339506	2,9455	-2,7710	2,2319	1025,4	623,2
0,345679	2,8929	-2,2973	0,3209	435,8	774,4
0,351852	2,8421	1,9718	3,4919	1302,6	849,2
0,358025	2,7931	1,3783	2,0017	478,4	620,4
0,364198	2,7458	1,1850	-1,5167	300,1	329,1
0,370370	2,7000	1,2869	-0,1899	137,1	159,4
0,376543	2,6557	-0,1683	-0,2630	7,9	109,7
0,382716	2,6129	-1,1498	1,0311	193,2	216,9
0,388889	2,5714	1,4118	1,8633	442,7	391,2
0,395062	2,5313	2,4133	0,3067	479,4	544,8
0,401235	2,4923	3,1405	0,9521	872,3	589,1
0,407407	2,4545	1,3688	0,7210	193,9	459,9
0,413580	2,4179	1,4290	-2,3252	603,4	382,1
0,419753	2,3824	0,3663	-0,2000	14,1	370,8
0,425926	2,3478	-3,2718	0,3982	879,9	443,8
0,432099	2,3143	0,0319	0,0801	0,6	404,7
0,438272	2,2817	2,0730	2,1524	723,3	473,6
0,444444	2,2500	2,3517	-0,7036	488,0	414,1
0,450617	2,2192	-0,7055	-0,0848	40,9	251,7
0,456790	2,1892	0,7192	-1,9046	335,7	249,1
0,462963	2,1600	-0,8497	1,5532	253,9	273,0
0,469136	2,1316	-0,1018	1,9272	301,7	249,9
0,475309	2,1039	0,6175	1,0902	127,2	227,3
0,481481	2,0769	0,3285	-1,9523	317,5	285,0
0,487654	2,0506	-0,1460	-2,0498	342,1	367,9
0,493827	2,0250	-2,2134	-1,3394	542,1	378,0
0,500000	2,0000	-1,0820	0,0000	94,8	328,1

Температура воздуха на станции Петрозаводск

Годы	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1950	-16,3	-8,3	-4	5	7,8	13,1	13,8	13,6	10	4,8	-1,3	-5,4
1951	-10,6	-9,7	-6,9	4,4	4,5	12,8	14,2	16,9	10,7	4	-4	-3
1952	-5,2	-6,6	-10,6	2,6	4,4	12,9	16	13,1	7,9	0,4	-3,6	-5,8
1953	-10,1	-15,8	-3,2	3,6	7,5	15,9	15,3	14,6	7,1	3,9	-1,4	-4,1
1954	-10,4	-12,6	-3,1	0,3	8,1	14,2	17,9	14,3	10,1	3,6	-2,9	-2,9
1955	-9	-12	-8,9	-1,5	5,1	11,3	15,3	16,3	12,1	4,4	-5,7	-19,2
1956	-12	-17,3	-4,6	-1,8	7,5	15,5	12,2	11,8	7	2	-7,1	-4,4
1957	-5,8	-4,4	-10,4	1	8,7	11,7	17,1	14,9	9,1	3,7	-1,9	-4,2
1958	-11,6	-10	-9,6	0,5	5,8	11,9	14,4	13,1	7,6	3,8	0,2	-12,2
1959	-8,1	-4,9	-0,7	1,8	7,5	15	16,4	16,1	6,5	1,1	-2,8	-10,9
1960	-13,6	-12,6	-5,6	2,4	9,1	14,4	19,2	14,5	8,1	-0,2	-4	-3,5
1961	-6,1	-2,7	-2,1	-0,2	7,6	16,5	16,3	13,9	7,9	6,9	-1,6	-7,8
1962	-5,9	-7,9	-8,5	3,8	8,2	10,4	14	11,9	8,6	4,4	0,4	-9
1963	-15,4	-13,3	-12	1,9	12,1	11,3	15,8	15,3	12,4	3,8	-1,5	-8,4
1964	-6,8	-10,8	-7,1	1,4	8,3	13,8	15,9	13,7	8,8	5,5	-4,4	-5,9
1965	-9,7	-12,6	-4,9	1,2	4,6	14,7	14	13,4	11,3	3	-6,9	-4,8
1966	-19,7	-19,6	-7,6	-1,4	8,9	14,8	16,3	13,3	6,5	2,9	-0,2	-10,5
1967	-14,4	-8,8	0,4	2,7	8,4	12,4	16	16,7	10,5	6	1,3	-12,4
1968	-20,3	-8,4	-2,3	0,7	6,8	15,5	12,5	14,6	7,8	0	-3,9	-5,7
1969	-16,8	-14,6	-7,3	0,9	5,6	11,4	14,8	14,3	8,3	3,5	-1,4	-7,8
1970	-12	-12,7	-3	1,1	7,6	14,4	17,1	14,6	9,5	2,9	-4,6	-7,1
1971	-4,3	-12,3	-7,2	-0,3	7	11,7	14,9	14,2	7,7	1,4	-3,6	-7,3
1972	-14,3	-7,3	-5,1	0,8	6,6	15,7	19,9	17,4	8,6	2,9	-2,8	0
1973	-8,4	-7,6	-4	2,6	9,4	15,7	18,1	13,8	5,3	0,3	-4,9	-10,3
1974	-11,3	-1,6	-2,3	0,5	4,2	14,9	17,8	14,3	11,8	5	-0,9	-1,8
1975	-5,3	-8	-0,3	2,9	11,4	12,8	16,6	13	11,8	2,2	-2	-5,4
1976	-15,1	-11,3	-6,3	1,4	8,7	10,1	14,3	11,8	7,1	-1,1	-2,3	-5,3
1977	-10,4	-10,1	-4,4	1,7	8,8	13,4	16,2	13,7	7,5	1,5	-0,4	-8,9
1978	-10,5	-15,9	-3,6	-0,5	8,3	12	14,7	12,3	7,5	1,8	-0,5	-17,2
1979	-12,9	-12,1	-3,1	-1,7	11,6	13,6	15,7	14,8	8,7	1,9	-0,8	-6,2
1980	-11,5	-9,1	-7,6	2	5,8	16,5	15,1	13,3	8,8	3,3	-5,4	-7
1981	-6,5	-9,8	-8,2	-0,3	9,8	13,8	17,8	14,3	9,1	6	-2,3	-7,5
1982	-15,8	-7,6	-2,5	2,1	8,6	9,8	16,3	13,4	9,3	2,7	1,4	-3,1
1983	-5,6	-10,1	-3,9	4,2	10,1	12,8	17,2	13,8	10,5	4	-4,1	-5,8
1984	-7,2	-7,9	-5,2	3,5	11,7	13,4	16,2	13,2	8,9	4,2	-2,8	-8,4
1985	-19,7	-19,3	-3	-0,3	7,1	11,6	14,6	16,6	9	4,5	-3,9	-10,1
1986	-11,9	-14,8	-1	2,3	8,4	15,4	16,6	12,8	6,2	3,6	1,3	-13,1
1987	-22,1	-9,6	-6,8	0,7	7,4	13,5	14,5	11,8	8,1	5,5	-5,5	-10,2
1988	-8,5	-8,1	-2,9	-0,1	9,4	15,4	19	14,1	9,8	3,9	-6,8	-9,5

Количество атмосферных осадков на станции Петрозаводск

Годы	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1966	37	29	69	101	34	62	89	91	98	72	28	64
1967	25	15	29	35	61	74	33	95	23	85	34	56
1968	29	37	52	57	52	40	79	77	96	55	30	30
1969	42	19	15	33	59	21	59	67	119	68	72	57
1970	29	13	37	66	25	54	34	52	182	63	28	27
1971	57	26	59	11	20	107	43	79	20	46	49	37
1972	5	18	21	36	42	18	49	48	32	46	68	30
1973	31	27	37	31	25	50	5	113	73	77	42	36
1974	20	43	23	24	42	31	77	115	29	80	97	36
1975	32	23	23	74	49	53	47	46	52	31	64	59
1976	31	12	35	35	30	82	82	149	119	11	27	26
1977	14	25	43	32	90	56	94	70	83	36	57	17
1978	28	9	48	24	3	68	52	160	89	30	39	14
1979	29	22	21	22	25	28	26	54	44	57	51	24
1980	24	32	9	26	13	32	23	31	22	53	59	41
1981	28	23	40	38	44	132	78	84	64	92	53	86
1982	32	10	19	37	53	74	86	70	51	36	53	51
1983	41	16	46	18	50	60	93	41	76	60	47	55
1984	57	8	17	5	44	33	125	48	89	109	13	17
1985	37	15	12	17	48	115	39	43	42	51	21	59
1986	36	11	18	53	27	37	41	78	88	36	29	46
1987	15	34	25	16	55	71	96	131	44	0	27	37
1988	24	28	35	64	30	63	72	152	56	62	34	46
1989	42	26	29	9	14	32	54	109	55	66	33	31
1990	50	48	40	28	48	64	106	30	54	39	55	41
1991	49	29	19	53	54	75	58	82	38	55	52	40
1992	30	21	44	90	33	20	49	105	74	55	55	42
1993	28	24	41	17	40	54	113	122	37	74	4	52
1994	34	8	52	47	29	118	37	53	117	58	34	44
1995	54	23	43	43	78	34	76	47	34	51	85	30
1996	14	29	7	15	30	86	104	22	42	24	58	50
1997	32	29	30	59	59	61	19	33	65	68	60	38
1998	33	43	40	6	67	101	92	81	47	60	42	39
1999	35	31	14	27	37	53	64	40	40	56	34	97
2000	39	34	35	18	41	44	144	62	76	64	63	44
2001	24	38	40	23	92	54	64	72	48	80	93	32
2002	33	35	32	9	49	40	55	21	73	54	73	17
2003	38	7	21	28	23	71	68	206	50	78	37	55
2004	29	27	54	9	43	54	178	135	52	40	57	42
2005	46	13	38	41	86	44	71	38	29	37	65	50

Индекс Де-Мартона

75,1
42,7
55,4
57,8
49,5
46,8
30,5
43,8
43,4
39,1
58,1
49,8
52,7
32,3
30,4
58,5
44,4
44,4
42,4
47,0
41,2
51,7
51,4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Рисунки

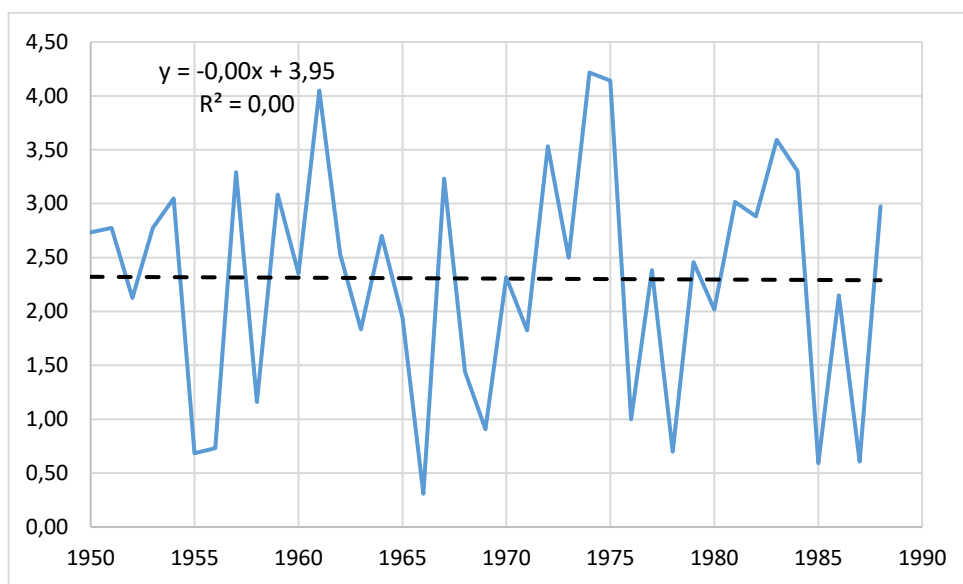


Рисунок 1 – Хронологический график среднегодовых температур воздуха по метеостанции г. Петрозаводска.

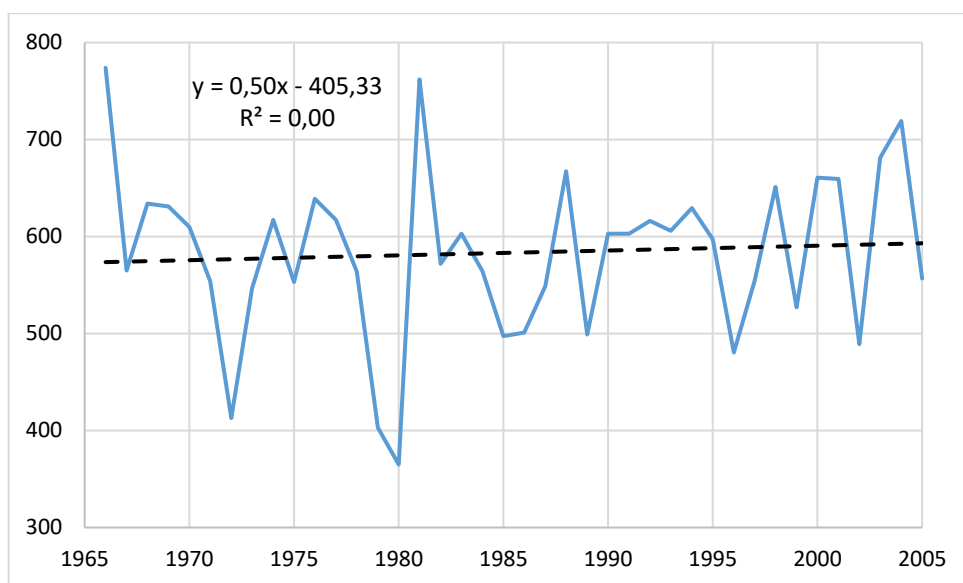


Рисунок 2 – Хронологический график годовых сумм осадков по метеостанции г. Петрозаводска.



Рисунок 3 – Временной ход индекса Де-Мартона.