



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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

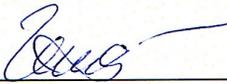
На тему **Разномасштабная изменчивость**
водности рек бассейна
озера Ильмень

Исполнитель _____ Панкова Яна Николаевна
(фамилия, имя, отчество)

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

_____ Мякишева Наталия Вячеславовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой



(подпись)

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

_____ Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«26» мая 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление

Введение.....	3
1 Физико-географическое описание и характеристика природных условий района исследования.....	5
1.1 Географическое положение и общее описание.....	6
1.2 Рельеф.....	13
1.3 Геологическое строение	15
1.4 Почвенно-растительный покров.....	17
1.5 Климатические характеристики	20
1.5.1 Температура воздуха.....	20
1.5.2 Атмосферные осадки	21
1.5.3 Снежный покров.....	22
1.6 Влияние климатических и антропогенных факторов на гидрологический режим рек и озера Ильмень.....	23
1.7 Описание гидрологических постов	25
1.8 Описание метеорологических постов	27
2 Многолетние колебания водности рек и уровня озера Ильмень	30
2.1 Методы исследования.....	30
2.2 Особенности многолетней изменчивости водности рек и уровня озера Ильмень	36
3 Внутригодовые колебания водности рек и уровня озера Ильмень	55
3.1 Методы исследования.....	55
3.2 Особенности внутригодового хода	57
4 Климатическая характеристика региона исследований.....	75
4.1 Многолетняя изменчивость метеорологических показателей	75
4.2 Внутригодовая изменчивость метеорологических показателей	92
Заключение	108
Библиографическая запись. Библиографическое описание	110
Приложения	113

Введение

Уровни озер не только фиксируют водные ресурсы территорий, но и являются интегральными показателями увлажненности водосборов и изменений климата на обширных пространствах, отражают 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.

Озеро Ильмень имеет большое хозяйственное значение, поскольку, расположено в пределах экономически развитого Северо-Западного региона России с большими потребностями в водообеспечении сельского хозяйства и промышленного производства. В Ильмень впадает более 50 крупных и мелких рек, полноводность которых существенно меняется в зависимости от сезона, что приводит к сильным колебаниям уровня воды – до 7,4 м. Водообмен в озере Ильмень происходит 4 раза в год. Связано это с тем, что максимальная глубина озера составляет всего десять метров, а площадь водосбора в девяносто раз превышает площадь самого озера.

Анализ составляющих водного баланса озера показал, что основную роль в формировании его уровненного режима играет приток речных вод с водосбора, сток по реке Волхов, а также особенности строения озерной системы. Поэтому выявление особенностей водного режима рек бассейна озера Ильмень является актуальным.

Целью работы явилось изучение многолетних и внутригодовых колебаний водности основных рек Мста, Ловать, Шелонь, впадающих в озеро Ильмень, и расходов реки Волхов, вытекающей из озера в условиях современного климата.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. собрать исходные данные по расходам рек, уровню озера, температуре воздуха и атмосферным осадкам в бассейне озера Ильмень;

2. оценить вероятностные характеристики многолетней изменчивости водности рек, уровня озера, метеоэлементов;
3. оценить вероятностные характеристики внутригодовой изменчивости водности рек, уровня озера, метеоэлементов;
4. выявить особенности временной изменчивости водности рек, уровня озера, метеоэлементов в диапазонах многолетних и внутригодовых колебаний;
5. обобщить результаты анализа в терминах адекватной вероятностной модели.

Для решения поставленных задач использовались данные средних месячных и средних годовых значений расходов рек, а также уровни воды озера Ильмен у д. Войцы за период инструментальных наблюдений. Данные наблюдений за температурой воздуха и количеством атмосферных осадков взяты по метеостанциям г. Старая Русса, Белогорка, Бологое, Тихвин.

Для анализа многолетней изменчивости привлекались ряды среднегодовых значений и ежегодные последовательности средних месячных величин для характерных месяцев года. Для анализа внутригодовых колебаний использовались средние месячные значения.

Анализируемые процессы рассматривались как вероятностные полициклические процессы с основными энергонесущими зонами в диапазонах частот, соответствующих многолетним ($T > 1$ года) и внутригодовым ($T < 1$ года) колебаниям. Ряды среднемесячных значений рассматривались как периодически коррелированные случайные процессы, а ряды среднегодовых – как случайные процессы.

1 Физико-географическое описание и характеристика природных условий района исследования

Центральное место на территории Северо-Запада занимает Волховско-Ильменский бассейн с густотой речной сети $0,75 \text{ км/км}^2$. Наиболее развитую гидрографическую сеть имеют реки Пола, Ловать и Шелонь – $0,84\text{—}0,96 \text{ км/км}^2$.

Большинство рек Волховско-Ильменского бассейна берет свое начало из водораздельных болот. В верхнем течении долины их не выражены или слабо выражены; русла разработаны слабо, реки часто теряются в зарослях кустарника и болотной растительности; уклоны очень малы. Реки Мста и Ловать на устьевых участках разветвляются на многочисленные рукава, образуя обширные дельты.

Схема Волховско-Ильменского бассейна изображена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Бассейн озера Ильмень

1.1 Географическое положение и общее описание

Озеро Ильмень расположено в западной части Новгородской области России, в центре Приильменской низменности, на высоте около 18,0 метра над уровнем моря. Географическое положение озера Ильмень изображено на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Географическое положение озера Ильмень

Ильмень – это не просто крупный водоем, а настоящий живой организм с многовековой историей и уникальным характером. Его площадь и глубина постоянно меняются – весной оно может разливаться втрое, увеличивая свою площадь с 730 до 2090 км², а перепады уровня воды достигают 7 метров, словно озеро дышит и живёт своей собственной жизнью. Длина озера около 45 км, ширина – до 35 км. Максимальная глубина достигает 10 метров, средняя – 3—4 метра. Площадь водосбора составляет 67200 км², а площадь зеркала водоема – 1110 км².

Озеро считается мелководным, с желтовато-коричневой водой из-за содержания органических веществ и торфа, но благодаря постоянной

циркуляции воды оно остаётся достаточно чистым. Вода в озере обновляется примерно каждые 1,5—2 месяца, что связано с высокой проточностью и поступлением большого количества речных вод. Температурный режим озера характеризуется значительными сезонными колебаниями температуры воды: от 0 °С зимой подо льдом до 20—21 °С летом на поверхности, с выраженной стратификацией в теплый период и гомотермией весной и осенью.

Берега озера преимущественно низменные и заболоченные, особенно на юго-востоке и востоке. Вдоль северо-западного берега тянутся лесистые гряды, чередующиеся с впадинами. На юго-западном побережье расположен уникальный природный памятник – Ильменский глинт (рисунок 1.3), представляющий собой известняковые обрывы красного и жёлтого оттенков протяженностью около 8—10 км.

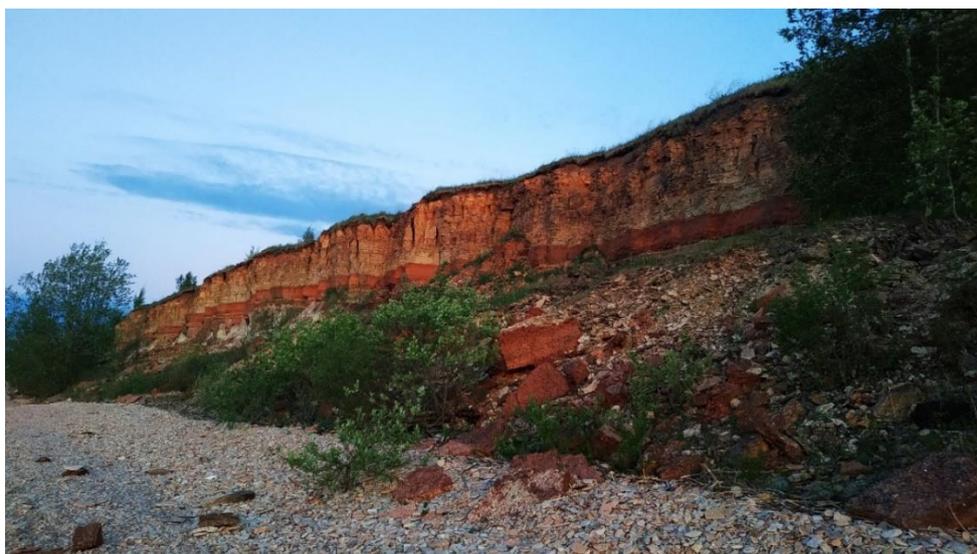


Рисунок 1.3 – Ильменский глинт

На дне Ильменя – толстый слой ила толщиной до 10 метров, покрытый множеством живых существ: от личинок комаров и кольчатых червей до разнообразных моллюсков и пиявок. Вода мутноватая из-за речных наносов, но именно это создаёт особую среду, в которой обитает около 40 видов рыб, включая леща, снеток, налима и щуку.

Озеро имеет важное историческое и культурное значение. Оно известно с древних времен, упоминается в былинах и легендах, его древнее название –

Ильмерь – означает «озеро, определяющее погоду». На его берегах возникли древние славянские города, в том числе Великий Новгород и Старая Русса.

Основным источником питания озера являются реки, которые обеспечивают более 90% поступления воды. В озеро впадает около 50 рек, крупнейшими притоками являются – Мста, Ловать, Пола и Шелонь. Единственным водотоком, вытекающим из озера, является река Волхов, которая вытекает из северной части Ильменя и впадает в Ладожское озеро.

Режим стока реки Волхов, вытекающей из Ильменя, влияет на уровень режим озера. После строительства Волховской ГЭС в 1926 году регулирование стока изменилось, что отражается на колебаниях уровня воды и гидрологическом режиме. Озеро постепенно заиливается и мелеет, особенно в районах дельт рек Мсты, Ловати и Шелони, что связано с активным накоплением речных наносов и илистых отложений.

Река Мста – крупная река на северо-западе европейской части России (рисунок 1.4), протекающая по Тверской и Новгородской областям, длина ее составляет 445 км (с учетом реки Цны, впадающей в озеро Мстино, более 600 км). С древних времен Мста была частью важного водного пути, связывающего Волгу и озеро Ильмень, а через него – Великий Новгород и далее Балтийское море.



Рисунок 1.4 – Вид на реку Мсту сверху в районе Бронницы

Исток реки находится в озере Мстино, недалеко от поселка Садовый в Вышневолоцком районе Тверской области. Мста вытекает из-под Мстинской плотины и течет преимущественно на север и северо-запад, впадая в озеро Ильмень.

Ширина реки Мста изменяется в зависимости от ее участка и рельефа бассейна:

- В верхнем течении, на территории Валдайской возвышенности, ширина реки составляет около 40—50 метров. Здесь берега часто обрывисты и круты, а течение довольно быстрое и извилистое.

- После впадения крупных притоков, таких как Березайка и Уверь, ширина Мсты увеличивается до 70—80 метров.

- В среднем течении, особенно на участке между Опеченским Посадом и Боровичами, река протекает через порожистую зону «Горная Мста», где ширина реки варьируется примерно от 60 до 80 метров.

- В нижнем течении, выходя на равнинную Приильменскую низменность, Мста расширяется примерно до 100 метров и продолжает расширяться на протяжении последних 50 километров перед впадением в озеро Ильмень. Здесь течение становится спокойным, и река судоходна. При впадении в озеро Мста образует обширную заболоченную дельту.

Река питается преимущественно снеговым стоком (около 60%), грунтовыми водами – 30% и дождевыми осадками – 10%. Вода в реке мутная из-за быстрого течения, которое переносит гальку, песок и ил. Крупными притоками реки являются: Березайка, Шегринка, Перетна, Льяная, Холова (левые); Уверь, Белая, Мда, Хуба (правые).

Средний расход воды в 40 км от устья достигает примерно 180—200 м³/с. Площадь водосборного бассейна составляет 22500 км². Глубина реки варьируется: на плесах достигает 3—5 м, на порогах – 0,2—0,4 м, в нижнем течении – 0,6—1 м. Средний уклон реки составляет около 0,3 м на 1 км, общее падение – 133,4 м.

Река Ловать – крупная равнинная река длиной около 530 км, протекающая по территории Беларуси (Витебская область) и России (Псковская и Новгородская области). В бассейне Ловати находятся два крупных заповедника – Рдейский и Полистовский, охраняющие одну из крупнейших в Европе систем верховых болот – Полистово-Ловатскую систему.

Исток реки расположен в болотистой местности между озерами Завесно и Ловатец в Витебской области Беларуси. В верхнем течении Ловать протекает через несколько озер (Завесно, Задратье, Межа, Сосно, Чернявское, Сесито, Цаство) и имеет узкое русло шириной 10—15 метров с низкими заболоченными берегами. После впадения крупных притоков, например Насвы и Балаздыни, ширина реки увеличивается до 40—60 метров, а ниже города Холм – более 100 метров. В нижнем течении, на Приильменской низменности, река становится широкой – до 340 метров, с пологими заболоченными берегами.

Ловать относится к равнинным маловодным рекам со слабой скоростью течения. В верховьях она неглубокая – на порогах глубина около 0,3 м, на плесах – до 1,25 м, а в нижнем течении достигает 6 метров. Река судоходна на последних 70 км перед впадением в озеро Ильмень, где вместе с рекой Пола образует дельту площадью около 400 км².

Питание реки смешанное, преимущественно снеговое (около 55—60% годового стока), с весенним половодьем, когда проходит более половины годового стока (55%), а также дождевое и частично грунтовое питание. Летом и осенью сток снижается, но осенью возможны резкие подъемы уровня воды. Ледостав длится с конца ноября до середины марта, в период весеннего ледохода возможны ледовые заторы. Площадь водосбора в районе г. Холм составляет 14700 км². Среднемноголетний расход воды в устье около 170 м³/с, объем стока – 5,365 км³/год

Река Шелонь – средняя река длиной 248 км, протекающая по Псковской и Новгородской областям России и впадающая с запада в озеро Ильмень.

Исток Шелони расположен в болотистой местности Судомской возвышенности на высоте около 85 м над уровнем моря, недалеко от деревни Новая Слобода в Дедовичском районе Псковской области. В верховьях река представляет собой небольшой ручей, который расширяется после слияния с притоками и образует водохранилище шириной до 400–450 м. Русло извилистое, ширина варьируется от 30 м у посёлка Дедовичи до 40 м в городе Порхов, 70 м в Сольцах и около 300 м в посёлке Шимск. В нижнем течении Шелонь разливается на несколько километров, образуя дельту площадью около 10 км² при впадении в озеро Ильмень.

Берега реки в верхнем и среднем течении невысокие, покрыты сосновыми лесами, местами обрывистые, дно преимущественно галечное и известняковое с песчаными участками. Глубина обычно составляет 1,5—2 м. На реке около 40 небольших порогов и каменистых перекатов, особенно между границей Новгородской области и Сольцами. В нижнем течении река судоходна от города Сольцы до устья.

Питание реки смешанное, с преобладанием снегового, что формирует выраженное весеннее половодье с подъемом уровня воды в апреле-мае. Также возможны осенние дождевые паводки. Площадь водосборного бассейна около 7000 км². Среднегодовой расход воды в 59 км от устья достигает 43,6 м³/с.

Река Волхов – крупная река на северо-западе Европейской части России, протекающая по Новгородской и Ленинградской областям. Она является единственным водотоком, вытекающим из озера Ильмень, и впадает в Ладожское озеро.

Волхов протекает по Приильменской низменности с постепенным понижением высоты от 18,1 м у истока (озеро Ильмень, Великий Новгород) до 5,1 м у устья (Ладожское озеро, город Новая Ладога). Ширина реки в районе Великого Новгорода составляет около 220 м, максимальная ширина устья достигает 670 м, глубина на большинстве участков не превышает 3—5 м, максимальная – до 10—12 м. С точки зрения геологии Волхов – относительно молодая река, сформировавшаяся около 6—10 тысяч лет назад в результате

изменений очертаний древнего пресноводного бассейна Балтийского моря, Ладоги и Ильменя.

Главные притоки Волхова: справа – Вишера, Пчѣвжа, Оскуя; слева – Кереть, Тигода. На реке построена Волховская гидроэлектростанция – одна из старейших в России.

Волхов судоходен на всем протяжении и включѣн в перечень внутренних водных путей России. Навигационный период длится около 180 суток в году. На реке расположены города Великий Новгород, Кириши, Волхов, Новая Ладога и другие населенные пункты. Вдоль реки находятся важные исторические объекты, например, Рюриково городище.

На Волхове построена Волховская гидроэлектростанция – одна из старейших в России. На станции установлено 10 радиально-осевых гидроагрегатов разной мощности (от 1 до 12 МВт), что обеспечивает гибкость работы. Волховская гидроэлектростанция регулирует сток реки, влияя на гидрологический режим самого Волхова, озера Ильмень, а также входит в каскад Ладожских ГЭС. Помимо технических особенностей, станция является памятником инженерной архитектуры и истории энергетики России.

Питание реки смешанное, с преобладанием снегового, что формирует выраженное весеннее половодье. Ледостав длится с конца ноября до начала апреля. Из-за небольшого перепада высот и влияния уровня озера Ильмень иногда наблюдается обратное течение Волхова – река может временно течь вспять, что фиксировалось как в исторические времена, так и в наши дни.

Долина реки широкая, напоминает канал, с высотой склонов 13—35 м в среднем течении и 1,5—2 м у устья. Густота речной сети бассейна составляет около 0,75 км/км². Площадь водосборного бассейна – около 80 200 км², из которых большая часть приходится на бассейн озера Ильмень (около 67 200 км²). Средний расход воды в устье достигает примерно 593 м³/с, при этом в створе гидрологического поста в Великом Новгороде максимальный среднемесячный расход в период половодья может достигать 2140 м³/с, а минимальный в межень – около 60 м³/с.

1.2 Рельеф

Рельеф на территории Северо-Запада можно разделить на низменную (северо-запад) и возвышенную (восток и юг) части (рисунок 1.5). Озеро Ильмень расположено в пределах Восточно-Европейской равнины, на обширной Приильменской низменности, которая отличается очень плоским рельефом и значительной заболоченностью. Низменность имеет высоту от 18 до 50 метров над уровнем моря, при этом центральная часть, занятая самим озером, является наиболее пониженной.

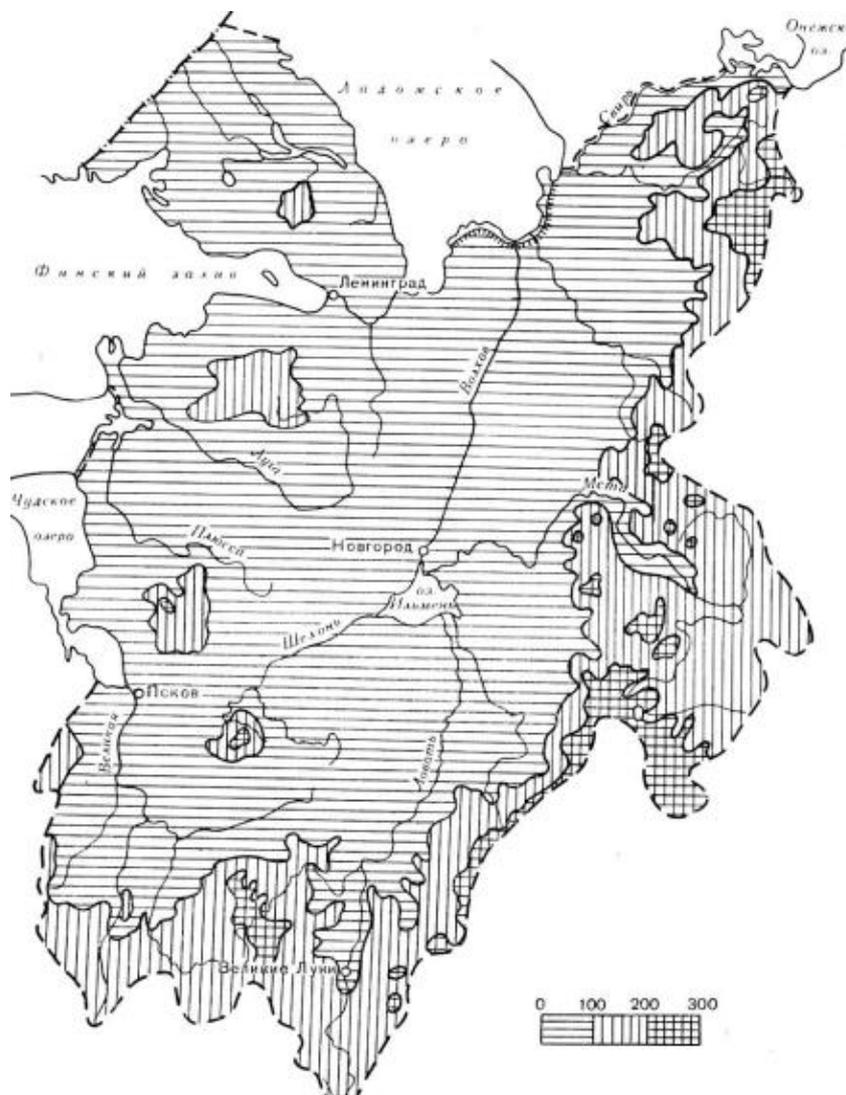


Рисунок 1.5 – Гипсометрическая карта Северо-Запада

Берега озера, как правило, низкие и заболоченные, местами дельтовые, с множеством плоских пойменных островов и протоков. Южный берег Ильменя относительно выше – до 16 метров, тогда как западный, северный и

восточный берега подвержены затоплению во время половодья на значительные расстояния. Вдоль северо-западного берега тянутся вытянутые гряды, чередующиеся с впадинами.

Рельеф дна озера представляет собой слабовогнутую плоскую впадину с пологими склонами. Средняя глубина озера составляет 3—5 метров, максимальная – до 10—13 метров. Дно покрыто мощным слоем илистых отложений, особенно в центральной части.

В окрестностях Приильменской низменности встречаются моренные холмы с относительной высотой от 10—30 метров до крупных холмов высотой 50—60 метров. Эти холмы образуют более расчленённый рельеф по окраинам низменности, где высота достигает 100—150 метров.

Таким образом, рельеф вокруг озера Ильмень представляет собой сочетание плоской заболоченной низменности с низкими берегами и местами моренных холмов, и гряд, особенно по окраинам бассейна.

Ловать – типично равнинная река с малой водностью и слабой скоростью течения. В верхнем и среднем течении протекает по лесистой местности с возвышенными, местами обрывистыми берегами высотой до 20—50 метров, особенно в районе г. Холма. В низовьях, на Приильменской низменности, берега становятся пологими, ширина реки достигает 340 метров, а долина расширяется до 3—4 км с обширными пойменными лугами и старицами. Устье Ловати находится на высоте около 18 м над уровнем моря, река образует большую дельту с озером Ильмень.

Мста – река с более выраженным рельефом по сравнению с Ловатью, протекает по Валдайской возвышенности. В верхнем и среднем течении Мста имеет порожистое русло с быстрым течением, многочисленными перекатами и каменистыми участками. Берега в верховьях и среднем течении преимущественно возвышенные и скалистые, с глубинами до 10 – 12 метров. В низовьях, ближе к озеру Ильмень, река становится более равнинной, с пологими берегами и широкой поймой.

Шелонь – равнинная река с медленным течением и преимущественно низкими заболоченными берегами. Русло извилистое, с многочисленными старицами и заливными лугами. Река протекает по Приильменской низменности, где рельеф плоский и заболоченный, с незначительными перепадами высот.

Рельеф реки Волхов – равнинный, с небольшим уклоном, широкими пойменными долинами, заболоченными участками и пологими берегами, что формирует спокойное течение и значительную площадь водосборного бассейна.

1.3 Геологическое строение

Территория Северо-Запада расположена почти целиком в пределах Русской платформы и сложена в основном осадочными породами палеозойского комплекса. Осадочные коренные образования представлены толщами нижнего кембрия, нижнего, среднего и верхнего ордовика, среднего и верхнего девона, а также карбона.

Кристаллические породы и осадки палеозоя покрыты плащом четвертичных отложений, представленные сложным комплексом ледниковых отложений (глинистые и песчано-валунные морены, ленточные глины, озовые и камовые пески и супеси), морских песчано-глинистых отложений межледникового и послеледникового времени, озерно-аллювиальных и болотных отложений (торфяников).

Водосборная площадь озера Ильмень находится в области развития преимущественно рыхлых девонских отложений, занимающих около 60% всей области Северо-Запада (рисунок 1.6). Они представлены двумя отделами: средним (песчаники, доломиты и мергели) и верхним (известняково-мергелистая и пестроцветная толщи). Мощность отложений среднего девона 50—150 м, верхнего – до 300 м.

С востока и юго-востока область развития девонских отложений сменяется вытянутой полосой пород каменноугольного возраста, слагающих

Карбоновое плато. Каменноугольные отложения представлены нижним (известняково-глинистая и известняково-доломитовая толща мощностью 60—90 м) и средним (известняки и доломиты с неравномерной мощностью от 12 до 80 м) отделами.

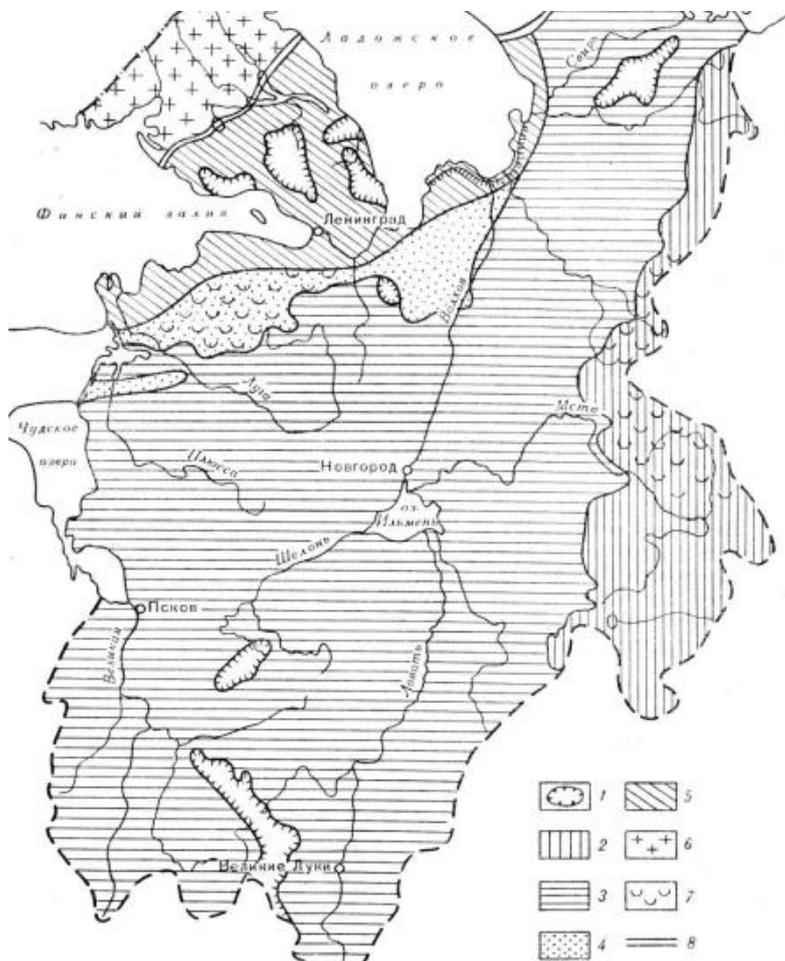


Рисунок 1.6 – Геологическая карта Северо-Запада

Отложения: 1 – четвертичные комплексы значительной мощности, 2 – каменноугольные, 3 – девонские, 4 – ордовикские, 5 – кембрийские, 6 – архейские и протерозойские, 7 – участки проявления карста на поверхности земли, 8 – граница палеозойских и архейско-протерозойских отложений.

Таким образом, геологическое строение территории вокруг озера Ильмень представляет собой тектоническую депрессию, покрытую мощным слоем осадочных пород ледникового и послеледникового происхождения, с древними девонскими известняками на юге и окружённую возвышенностями с моренным рельефом. Это формирует плоский, заболоченный ландшафт низменности с отдельными возвышенностями и ложбинами.

1.4 Почвенно-растительный покров

В Новгородской области наибольшее распространение имеют дерново-подзолистые и все разновидности подзолистых почв (рисунок 1.7). Юго-западная часть Приильменской низины сложена карбонатно-валунными суглинками. Здесь распространены дерново-карбонатные почвы, отличающиеся достаточно развитым перегнойным горизонтом, отсутствием подзолистого горизонта и сравнительно тяжелым механическим составом. На восточном побережье озера Ильмень распространены аллювиально-луговые почвы.

Волховско-Ильменская низменность к северу от оз. Ильмень сложена в основном ленточными глинами. В отдельных местах встречаются карбонатные отложения, но они находятся на значительной глубине и роль их в почвообразовании незначительна. Здесь широко распространены подзолисто-глеевые, торфяно-глеевые почвы. Только к востоку от реки Волхова встречаются песчаные отложения с преобладанием сильно подзолистых почв.

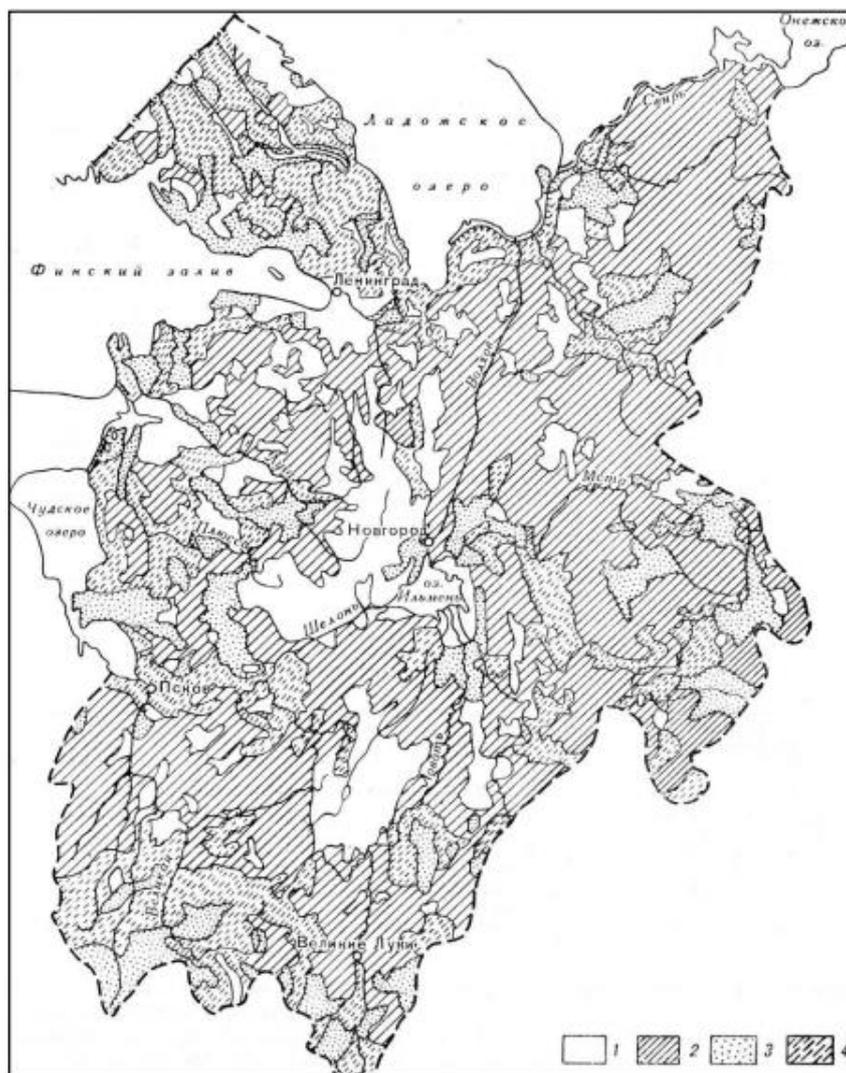


Рисунок 1.7 – Карта почв Северо-Запада по механическому составу
 1 – глинистые и тяжелосуглинистые, 2 – средне- и легкосуглинистые, 3 – песчаные,
 4 – супесчаные.

Территория Северо-Запада расположена в основном в южной подзоне тайги; лишь небольшая северо-восточная часть ее находится в подзоне средней тайги, а крайняя юго-западная – в зоне смешанных лесов.

Наиболее характерны темнохвойные (еловые) леса, покрывавшие в прошлом большую часть территории Северо-Запада. Они приурочены к водоразделам с суглинистыми и частично супесчаными почвами. Основная группа – ельники-зеленомошники характеризуется хорошо развитым древостоем и обильным напочвенным покровом из мхов. Широко распространены заболоченные еловые леса (сфагновые ельники). На дне

долин, на заболоченных почвах встречаются травяные ельники с густым и высоким травяным покровом.

На более легких песчаных и супесчаных почвах широко распространены сосновые леса, образующие такие же сообщества, как и еловые. На песках развиты лишайниковые боры-беломошники с редким травяным покровом с преобладанием брусники и вереска. Нередко лес приобретает характер смешанного елово-соснового с некоторой примесью березы.

Состав лиственных лесов представлен главным образом мелколиственными породами (березой, осиной, ольхой). На юго-западе значительна примесь широколиственных пород (липы, клена, дуба, ясеня, вяза). По реке Волхову встречаются небольшие дубравы.

Всего под лесом находится половина площади Северо-Запада. Под влиянием вырубок и пожаров широко распространились производные березовые и осиновые леса.

Наименьшая лесистость отмечается в более освоенных западных и южных районах. Так, в верхнем и среднем течении р. Ловати и Шелони залесенность уменьшается до 10—30%.

Болота и заболоченные земли занимают 30% территории. Сильной заболоченностью выделяется Приильменная низина. Болота преимущественно верховые (сфагновые), отчасти низинного и переходного характера.

Под лугами находится 7% территории, Большинство лугов суходольные со злаково-разнотравной растительностью (душистый колосок, щучка, белоус, мятлик луговой, различные виды клевера и т. д.). Пойменно-заливные луга приурочены к долинам крупных рек. Большие массивы заливных лугов расположены в долине р. Волхова, на побережье оз. Ильмень и в низовьях рек, впадающих в это озеро.

Растительный покров области подвергся длительному воздействию человека. Большое количество земель распахано или превращено в различные сельскохозяйственные угодья.

1.5 Климатические характеристики

Климат Новгородского района относится к умеренно континентальному типу с чертами как морского, так и континентального климата. Погода неустойчивая из-за влияния западного переноса воздушных масс и частой смены циклонов и антициклонов, что приводит к частым колебаниям температуры и осадков. Зимой часто наблюдаются туманы, метели и гололёд, летом дожди кратковременные, но частые. Новгородский район характеризуется умеренной температурой, достаточным увлажнением, выраженной сезонностью и переменной погодой.

Формирование климата происходит под влиянием близости озера Ильмень, которое смягчает температурные колебания и способствует повышенной влажности. Водосбор характеризуется значительной заболоченностью и густой речной сетью, что вместе с климатическими условиями обеспечивает высокую степень естественной регулировки стока и интенсивный водообмен в озере.

1.5.1 Температура воздуха

Средняя годовая температура воздуха на территории Северо-Запада колеблется от 2°C в северо-восточной части до 4,5°C в южной. Самыми холодными месяцами в году являются январь и февраль. Средняя месячная их температура изменяется от -7°C на западе территории и ниже -11°C на северо-востоке. Абсолютный минимум температуры воздуха Новгородской области достигает от -44°C до -52°C. Самым теплым месяцем на всей территории является июль, со средней температурой воздуха 16—18°C. Абсолютный максимум температуры составляет от 33°C до 35°C.

За начало весны принимается устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через ноль. В Новгородской области весна начинается в конце марта – начале апреля. Между датами перехода температуры через ноль и разрушением устойчивого снежного покрова обычно проходит не более 7—

10 дней. Весна характеризуется частыми возвратами холодов и кратковременным установлением снежного покрова.

Лето, за начало которого принимается переход средней суточной температуры воздуха через 10°C , наступает в первой декаде мая. Наибольшая продолжительность лета в Новгородской области около четырех месяцев. В начале лета возможны заморозки, но к концу мая они заканчиваются. На территории Северо-Запада в летнем сезоне выделяется период средних суточных температур воздуха выше 15°C – в Новгородской области этот период начинается во второй половине июня, а заканчивается во второй декаде августа.

Осень наступает примерно во второй половине сентября и длится около двух месяцев.

В Новгородской области зима начинается во второй половине ноября. Первая половина характеризуется преобладанием ненастной погоды с выпадением дождя и мокрого снега. Обычно в конце октября – начале ноября появляется снежный покров, но, как правило, держится он недолго. Приблизительно со второй половины декабря средняя суточная температура воздуха переходит через -5°C . На большей части территории этот период длится в среднем до середины марта – в среднем около трех месяцев.

В связи с большой изменчивостью циркуляционных процессов погодные условия отдельных лет в значительной степени отличаются от общих условий. Аномально холодными по температуре воздуха были зимы 1939-40, 1940-41 гг. и особенно январь 1942 г., средняя месячная температура которого была на 11°C ниже средней многолетней. Нередко случаются и очень мягкие зимы (1924-25, 1929-30, 1948-49 и др.), когда средняя месячная температура может на 7°C превышать норму.

1.5.2 Атмосферные осадки

Территория Северо-Запада относится к зоне избыточного увлажнения. Это объясняется сравнительно небольшим приходом тепла и хорошо развитой

здесь циклонической деятельностью, которая активно проявляется во все сезоны года.

На распределение осадков большое влияние оказывают орографические особенности местности и подстилающая поверхность, ведущие к нарушению плавного характера изменения осадков. Даже небольшие возвышенности обуславливают перераспределение осадков: увеличение их на наветренных возвышенных участках и уменьшение на подветренных склонах и в понижениях за возвышенностями. Вблизи водоема озера Ильмень осадки заметно уменьшаются. Все это обуславливает неравномерность распределения осадков по территории.

Годовое количество осадков в среднем составляет примерно 400—800 мм, при этом около 70% осадков выпадает с апреля по октябрь, что указывает на зону избыточного увлажнения.

Внутри года осадки распределяются неравномерно. Характер их распределения по территории в теплый и холодный период имеет много общего с годовым, однако в теплый период года влияние возвышенностей на перераспределение осадков более заметно, нежели в холодный. Осадки холодного периода составляют 40—45% годовых. В отдельные годы месячные суммы осадков могут значительно отклоняться в ту или иную сторону от многолетних величин. Например, в январе при средней сумме осадков 40—60 мм на территории Северо-Запада наблюдались месячные суммы в отдельные годы от 10—20 мм (1933, 1950, 1964 и др.) до 120 мм (1959, 1962 и др.).

Максимум количества осадков на большей части территории приходится на июль – август и лишь иногда на сентябрь. В эти месяцы выпадает до 80—90 мм.

1.5.3 Снежный покров

Снежный покров играет важную роль в формировании гидрологического режима водосборного бассейна озера Ильмень и оказывает значительное влияние на весеннее половодье и уровень воды в озере.

На Северо-Западе первый снежный покров появляется в ноябре. Устойчивый снежный покров устанавливается в конце ноября, в некоторые годы его не бывает до конца декабря. В начале зимнего сезона высота снежного покрова невелика – менее 10 см. Максимальной мощности он достигает в третьей декаде февраля – второй декаде марта. Средняя высота снежного покрова в Новгородской области – не менее 30 см.

Запас воды в снеге распределяется по территории в соответствии с мощностью снежного покрова. Наибольших своих значений снегозапасы достигают к моменту снеготаяния (более 100 мм). На юго-западе территории запас воды в снеге уменьшаются – в бассейнах рек Ловати, Полисти и Шелони не превышает 70 мм на полевых участках. Значительное увеличение запасов воды в снеге наблюдается в лесистой местности.

На территории Северо-запада продолжительность устойчивого снежного покрова колеблется от 100—110 дней (юго-западная часть) до 130—150 дней (северо-восточная часть).

Разрушение устойчивого снежного покрова происходит в конце марта – второй декаде апреля. Окончательно снег исчезает в третьей декаде апреля.

Средняя плотность снега при наибольшей декадной высоте меняется от 0,19 до 0,27 г/см³.

1.6 Влияние климатических и антропогенных факторов на гидрологический режим рек и озера Ильмень

Климатические условия – температура, осадки, снежный покров, ветры и сезонные изменения оказывают комплексное влияние на гидрологический режим озера Ильмень и рек его водосборного бассейна, регулируя уровень воды, ледовый режим, биологические процессы и экономическую деятельность в регионе.

Весной таяние снежного покрова становится основным источником половодья, вызывая значительный подъем уровня воды в озере и реках (Мста,

Ловать, Шелонь). Высокие паводки создают обширные пойменные угодья, благоприятные для воспроизводства рыб и других водных организмов.

Ветровой режим и температура воздуха влияют на скорость прогрева воды летом (до 20—30 °С) и охлаждения осенью, что отражается на биохимических процессах в озерных и речных экосистемах.

Изменения климатических факторов, таких как колебания температуры и количества осадков, вызывают многолетние и внутригодовые колебания уровня воды в озере и реках, влияя на проточность и водообмен.

Формирование ледового покрова, сроки вскрытия и замерзания озера важны для судоходства, которое в свою очередь оказывает влияние на экологическую и экономическую деятельность в регионе.

Антропогенная деятельность в бассейне озера Ильмень и рек Мста, Ловать, Шелонь проявляется в загрязнении вод и донных отложений, изменении гидрологического режима и ухудшении условий обитания водных организмов. Основными источниками загрязнения являются сельскохозяйственные объекты (отходы животноводческих ферм, минеральные удобрения, пестициды), промышленные предприятия, транспортные пути и свалки бытового мусора. Это приводит к попаданию в воду азотсодержащих соединений, тяжелых металлов (в частности, кадмия), нефтепродуктов и других загрязняющих веществ. В донных отложениях озера и в дельтах рек Мста и Ловать также выявлены локальные зоны повышенной концентрации тяжелых металлов и нефтепродуктов. Наибольшие концентрации нефтепродуктов в донных отложениях озера отмечаются в истоке р. Волхов, что может быть связано с развитием судоходства, и в центре оз. Ильмень, в зоне с наименьшей скоростью течения, являющейся в силу этого естественным «сборником» загрязнителей, как приносимых водами впадающих рек, так и попадающих в озеро непосредственно. Вырубка лесов по берегам рек ухудшает экологическую ситуацию, снижая естественную фильтрацию, увеличивая скорость прогрева воды, уменьшая содержание кислорода и изменяя гидрологический режим.

Несмотря на некоторые локальные загрязнения, общая экологическая ситуация в регионе считается относительно стабильной, однако рост антропогенной нагрузки и отсутствие комплексных природоохранных мероприятий могут привести к деградации водных экосистем.

1.7 Описание гидрологических постов

Гидрологические посты находятся на территории Северо-Западного УГМС и относятся к Балтийскому бассейновому округу. Схема расположения гидропостов представлена на рисунке 1.8.

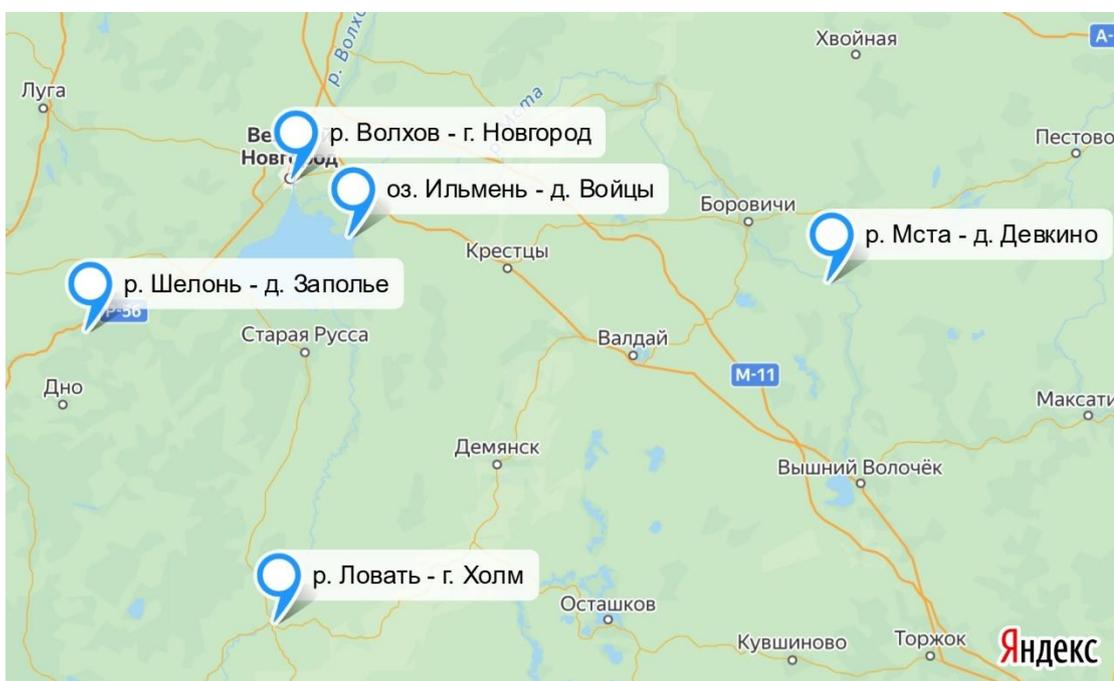


Рисунок 1.8 – Схема расположения гидрологических постов на географической карте

Озеро Ильмень – д. Войцы. Пост действует с 01 января 1910 г. Прилегающая местность – слабохолмистая равнина, занятая сельскохозяйственными угодьями. Берег озера у поста пологий, песчаный, высотой 6—8 м, зарастает водной растительностью и кустарником. Дно у берега песчаное, местами заилено. В районе поста имеется выход грунтовых вод. Расстояние от устья Отметка нуля поста 15,00 м БС. Температура воды измеряется на глубине 0,6—0,7 м, толщина льда – в 0,2 и 0,8 км от берега.

Река Волхов – г. Новгород. Пост был открыт 13 апреля 1877 г. и находится в центре города. Прилегающая местность – плоская низменность, занятая различного рода постройками. Русло прямолинейное, песчано-илистое, с высокими, умеренно крутыми берегами, на участке поста облицованными. Дно песчано-илистое. Уровненный режим на посту в значительной степени определяется режимом озера Ильмень, а также в отдельные периоды года находится в зоне подпора ГЭС.

Пост расположен на левом берегу, в 100 м от стены Кремля и состоит из свай, 4-метровой рейки и реперов. Расстояние от устья 216 км. Отметка нуля поста 15,00 м БС.

Река Мста – д. Девкино. Пост находится в деревне, в 8 км ниже впадения р. Холовы (открыт 01.07.1923). Прилегающая местность – пересеченная мелкими оврагами и балками равнина, поросшая смешанным лесом с преобладанием хвойных пород. Долина реки ясно выражена, с пологими, занятыми сельскохозяйственными угодьями, местами поросшими кустарником склонами. Пойма правобережная, шириной 150—200 м, поросшая кустарником, затопляемая выше уровня 750 см над нулем поста. Русло слабоизвилистое, песчано-гравелистое, подверженное небольшой деформации, вдоль берегов зарастающее водной растительностью. Берега высокие, крутые. На правом берегу заросли кустарника, на левом, наиболее высоком и подверженном деформации, отдельные деревья и луговая растительность. Ежегодно в 8—13 км выше поста и в 2,8 и 12 км ниже поста образуются заторы льда. Пост находится в зоне влияния подпора от озера Ильмень.

Пост расположен на левом берегу и состоит из свай и реперов. Расстояние от устья 84,0 км. Отметка нуля поста 21,27 м БС.

Река Ловатъ – г. Холм. Пост находится в центре города, в 1,6 км ниже впадения р. Куньи (открыт 12.09.1911). Прилегающая местность – равнина, занятая сельскохозяйственными угодьями, частично поросшая лесом. Долина реки ясно выражена, с крутыми очень высокими склонами, сложенными

суглинистыми и супесчаными грунтами, местами – скальными, частично заросшими кустарником. Русло реки слабоизвилистое, песчаное, подверженное деформации, у правого берега – галечное и каменистое, с крутыми, довольно высокими берегами, заросшими кустарником и травяной растительностью. С 1971 г. сплав леса не производится.

В 200 м и 1 км ниже поста образуются заторы льда. В районе поста ежегодно наблюдаются полыньи и зажоры.

Пост расположен на правом берегу, в 0,6 км ниже моста и состоит из свай и реперов. Расстояние от устья 193 км. Отметка нуля поста 42,18 м БС.

Река Шелонь – д. Заполье. Пост находится в деревне (открыт 01.12.1923). Прилегающая местность – слабохолмистая равнина, занятая сельскохозяйственными угодьями, местами поросшая кустарником и мелколесьем. Долина реки ясно выражена: правый склон ее крутой, поросший кустарником и луговой растительностью, левый – пологий, занят сельскохозяйственными угодьями. Русло слабоизвилистое, песчано-галечное с крупными валунами, слабдеформирующееся, зарастает водной растительностью. Берега крутые и обрывистые, поросшие кустарником. Выше и ниже поста низкие песчаные острова, поросшие кустарником; в 1 км ниже поста находится каменистый пережат. Осенью в 0,4—1,0 км ниже поста наблюдаются зажоры, в начале ледостава у правого берега – полыньи. Ледоход сопровождается заторами льда.

Пост свайный, находится на правом берегу, оборудован реперами. Расстояние от устья 59,0 км. Отметка нуля поста 24,66 м БС.

1.8 Описание метеорологических постов

Белогорка. Метеорологические наблюдения на станции начались в апреле 1926 г. Станция расположена в юго-восточной части Ордовикского (Силурийского) плато. Плато возвышается над уровнем моря на 90—175 м. Местами поверхность его нарушается обширными понижениями и отдельными невысокими холмами. Местность, окружающая станцию, ровная,

занятая пахотными угодьями и лесными массивами смешанных пород. Ближайший лес находится в 1 км к западу и в 2 км к юго-западу. Грунтовые воды залегают на глубине 11—12 м.

Метеорологическая площадка находится на ровном участке одного из опытных полей. В 300 м к северу в направлении с запада – северо-запада на восток – юго-восток протекает неглубокая, но очень извилистая р. Оредеж. К югу и юго-востоку на расстоянии 200 м проходит шоссе.

Старая Русса. Метеорологические наблюдения в Старой Руссе начались в сентябре 1901 г. и продолжались по 1902 г. по программе станции II разряда. С 1903 по 1917 гг. наблюдения на станции проводились неудовлетворительно, данные эти использовались только частично (в основном по осадкам). В 1924 г. наблюдения были возобновлены по программе станции III разряда. В октябре 1928 г. вновь была организована станция II разряда. В июне 1944 г. после перерыва станция возобновила работу на северо-западной окраине г. Старая Русса.

Станция расположена в обширной Волхово-Ильменской низине, в 15 км к югу от оз. Ильмень. Окружающая местность ровная, частично заболоченная, занята полями и лугами. В 2,5 км к востоку – юго-востоку протекает р. Полисть, в 0,6 км за которой расположен г. Старая Русса. Почвы в районе станции подзолистые с преобладанием суглинистых и супесчаных разностей.

Тихвин. Станция в г. Тихвин организована в сентябре 1938 г. В декабре 1946 г. станция перенесена на 3,5 км к северо-западу в пос. Стретилово, а в октябре 1955 г. на 2,5 км к востоку – юго-востоку на восточную окраину г. Тихвина. Станция расположена в северо-восточной части обширной Волхово-Ильменской низины. Местность, окружающая станцию, волнистая равнина, частично заболоченная, изрезанная долинами рек и ручьев, значительно залесенная. Река Тихвинка с общим направлением течения с востока на запад протекает в 0,5 км к северу от площадки. Со всех сторон от площадки на расстоянии 0,5—1,5 км находится лес, преимущественно хвойный, с примесью лиственных пород по опушкам. Местность наиболее

открыта к северо-западу и западу, где участки леса, перемежаются с полями и лугами. Почвы в районе станции подзолистые, с преобладанием легких суглинистых и супесчаных разностей.

Схема расположения метеорологических станций представлена на рисунке 1.9.

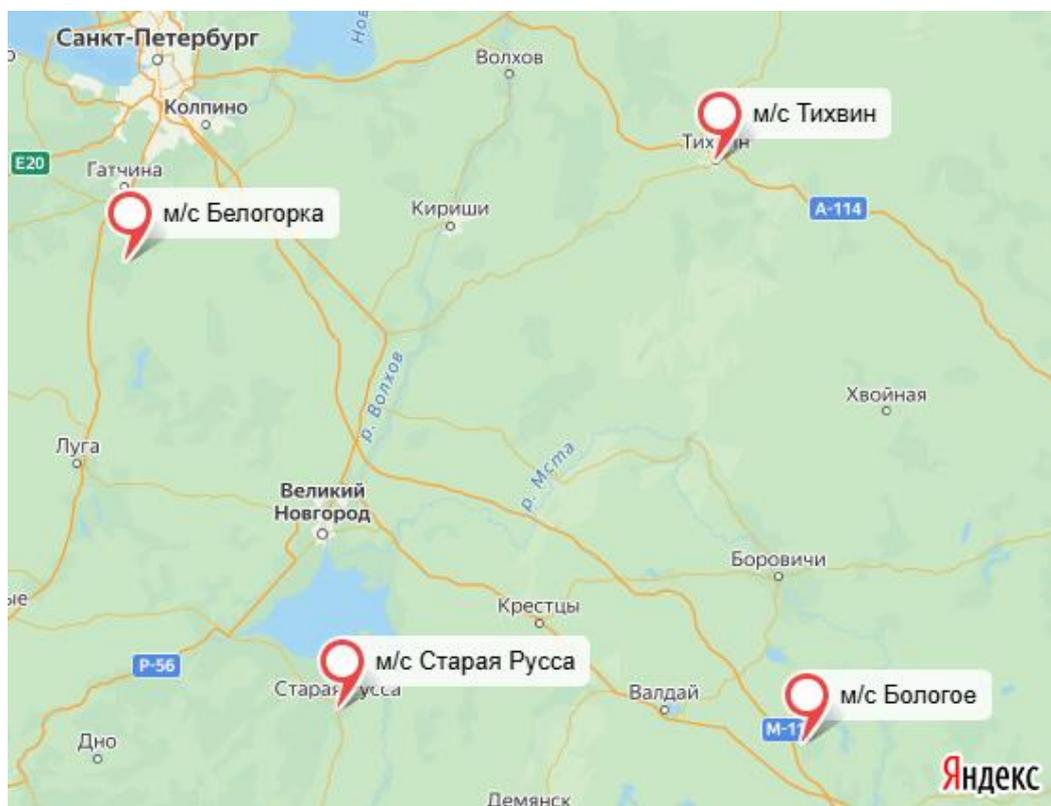


Рисунок 1.9 – Схема расположения метеостанций

2 Многолетние колебания водности рек и уровня озера Ильмень

2.1 Методы исследования

Для анализа многолетних колебаний применялись квантильный анализ, регрессионный анализ, фильтрация Баттерворта, спектральный анализ.

Квантильный анализ применяется для статистической оценки распределения гидрологических параметров и выявления аномалий в данных.

Основные области применения включают:

- Определение и сравнение квантилей (например, медианы, нижнего и верхнего квартилей) для анализа изменений гидрологических характеристик во времени, что позволяет выявлять изменения водного режима бассейнов;
- Использование квантильных функций распределения для оценки variability и нормальных границ изменчивости гидрологических параметров, таких как расходы рек, уровни воды и осадки;
- Выявление выбросов и экстремальных значений, выходящих за пределы интерквартильного размаха, что важно для анализа экстремальных гидрологических событий и очистки данных от ошибок измерений.
- Контроль однородности и стационарности временных рядов гидрологических наблюдений с помощью квантильных методов обеспечивает корректность статистического анализа и моделирования.

Квантильный анализ также обладает многими полезными свойствами при анализе многолетней изменчивости гидрометеорологических процессов с использованием рядов средних годовых значений, расположенных в порядке возрастания. 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 . Наибольший интерес представляют пять квантилей x_{min} , $x_{0,25}$, $x_{0,5}$, $x_{0,75}$, x_{max} .

Алгоритмы оценивания перечисленных характеристик, следующие: x_{min} , x_{max} – крайние члены ранжированного (выстроенного в порядке возрастания или убывания) ряда; $x_{0,5}$ – медиана, которая при неизвестном законе распределения вычисляется по формуле (2.1):

$$x_{0,5} = \begin{cases} x_{(n+1)/2}, & \text{если } n - \text{нечетное} \\ 0,5(x_{n/2} + x_{n/2+1}), & \text{если } n - \text{четное} \end{cases} \quad (2.1)$$

где $x_{0,25}$, $x_{0,75}$ – медианы соответствующих половин ранжированного ряда.

Анализ крайних членов x_{min} , x_{max} требует чрезвычайной осторожности, поскольку они подвержены сильному влиянию выборочной изменчивости, обусловленной ошибками измерения исходных величин. Значительно большей устойчивостью обладает размах $R = x_{max} - x_{min}$, характеризующий ширину выборочного распределения данных. Медиана $x_{0,5}$, являясь центральным членом ранжированного ряда, характеризует центр распределения данных в выборке. Набор квартилей $x_{0,25}$, $x_{0,5}$, $x_{0,75}$ фиксирует «норму» изменчивости анализируемого параметра, $x_{0,25}$ – нижний, а $x_{0,75}$ – верхний ее пределы. Величина интерквартильного расстояния рассчитывается по формуле (2.2):

$$Q = x_{0,75} - x_{0,25} \quad (2.2)$$

где Q – интерквартильное расстояние, служит мерой разброса в пределах «нормы».

Значения анализируемого параметра, выходящие за квартили $x_{0,25}$, $x_{0,75}$ рассматриваются как особые; значения, выходящие за верхний (x_g) и нижний (x_n) внутренние барьеры, вычисляемые по формулам (2.3) и (2.4):

$$x_g = x_{0,75} + 1,5Q \quad (2.3)$$

$$x_H = x_{0,25} - 1,5Q \quad (2.4)$$

интерпретируются как экстремальные значения.

В качестве оценки центра распределения данных в выборке в работе также рассчитываются среднее арифметическое значение m и трехсреднее значение T^* , а в качестве оценок масштаба распределения – дисперсия D или стандарт σ .

Трехсреднее значение вычисляется по известной формуле Тьюки (2.5):

$$T^* = 0,25(x_{0,25} + 2x_{0,5} + x_{0,75}) \quad (2.5)$$

Сопоставление среднего m с медианой $x_{0,5}$ и стандарта σ с интерквартильным расстоянием $0,74Q$ дает возможность получить предварительную информацию о типе и параметрах распределения данных в выборке. При симметричности распределения среднее и медиана равны с точностью до выборочной изменчивости. Чем асимметричнее распределение, тем больше отклоняется среднее от медианы. Сопоставление оценок среднего и медианы, стандарта и интерквартильного расстояния удобно проводить графически. Для этого на график наносятся точки, абсциссы которых соответствуют среднему или стандарту, а ординаты – медиане или интерквартильному расстоянию. Если точки группируются около биссектрисы координатного угла, можно считать, что соотношения Q к σ и $x_{0,5}$ к m такое же, как у нормального распределения данных.

В качестве другой характеристики асимметрии полезно использовать следующий параметр:

$$A_s = [(x_{0,75} - x_{0,5}) - (x_{0,5} - x_{0,25})]/(2Q) \quad (2.6)$$

Расчеты доверительных интервалов A_s , вычисленные по смоделированным нормальным рядам показали, что выборку целесообразно считать симметричной, если $-0.31 < A_s < 0.25$, имеющей левую асимметрию, если $A_s < -0.31$ или правую при $A_s > 0.25$.

Если при анализе ряда $x(t)$ на отрезках времени в несколько лет или десятилетий проявляются определенные тенденции к увеличению или уменьшению значений, и при этом можно выявить факторы, формирующие то или иное изменение, появляются основания для выделения трендов $M(t)$. Для того, чтобы сформулировать понятие тренда по отношению к процессу $x(t)$ воспользуемся выражением (2.7):

$$x(t) = M(t) + x^{\circ}(t) \quad (2.7)$$

где $M(t)$ – медленно меняющаяся, гладкая функция, под которой наиболее часто понимается переменное математическое ожидание случайного процесса $x(t)$; $x^{\circ}(t)$ – отклонение от тренда - стационарный случайный процесс. В этом случае появляется возможность выделения периодов локальной по отношению к математическому ожиданию нестационарности процесса $x(t)$.

Периоды локальной нестационарности временных рядов гидрометеорологических характеристик целесообразно выделять с использованием низкочастотной фильтрации Баттерворта.

Одна из важнейших процедур анализа временных рядов – фильтрация. **Фильтр Баттерворта** – это тип электронного фильтра, спроектированный так, чтобы его амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) была максимально гладкой и монотонно убывающей в полосе пропускания, без пульсаций и резких спадов. Он был впервые описан британским инженером Стефаном Баттервортом в 1930 году.

В гидрологии процедура фильтрации может применяться для различных целей, например:

- Сглаживание временных рядов гидрологических показателей (временные ряды уровней воды, расходов рек, осадков и других параметров) для выявления трендов и сезонных колебаний;
- Удаление случайных и кратковременных флуктуаций (шумов), которые могут мешать анализу и моделированию;

- Подготовка данных для последующего статистического анализа, моделирования и прогнозирования водных режимов;
- Обеспечение минимальных фазовых искажений при фильтрации, что важно для сохранения временной структуры сигналов (например, при анализе паводков и половодий).

Фильтрация может быть низкочастотной и высокочастотной. 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).

Одной из исчерпывающих характеристик фильтра является его передаточная функция $H(\omega)$, которая рассчитывается по формуле:

$$H(\omega) = Y(\omega)/X(\omega) = \sum_{k=0}^K \beta_{kz^{-k}} / (1 + \sum_{l=1}^L \alpha_l z^{-l}) \quad (2.8)$$

где $z = \exp(i\omega\Delta)$; Δ – интервал дискретизации рядов $\{x_i\}$ и $\{y_i\}$; $X(\omega)$ и $Y(\omega)$ – их Фурье-изображение.

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:

$$H(\omega) = |H(\omega)| \exp(i\varphi(\omega)) \quad (2.9)$$

$$H(\omega) = (b_0 + b_{1z^{-1}} + b_{2z^{-2}})^M / \prod_{m=1}^{M_1} (1 + a_{1z^{-1}} + a_{2z^{-2}}) \quad (2.10)$$

где величина $M = 2 M_1$ называется порядком передаточной функции или порядком фильтра.

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.

Тангенсные цифровые фильтры Баттерворта имеют передаточную функцию вида (2.10), что позволяет применять вышеуказанный метод фильтрации, обладающий рекуррентным способом вычисления отфильтрованного ряда и возможностью повышения порядка фильтра за счет увеличения числа уравнений.

Тангенсный низкочастотный фильтр Баттерворта порядка M имеет амплитудно-частотную характеристику:

$$|H(\omega)| = 1/(1 + [\operatorname{tg}(\omega\Delta/2)/\operatorname{tg}(\omega_c\Delta/2)]^{2M})^{1/2} \quad (2.11)$$

где ω_c – частота среза.

Регрессионный анализ применяется для установления и количественного описания зависимостей между различными параметрами с целью прогнозирования и моделирования водных процессов. 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:

$$Y = a + bX \quad (2.12)$$

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

Спектральный анализ Фурье – это метод обработки сигналов и данных, основанный на разложении сложной функции (например, временного ряда) на сумму простых гармонических составляющих – синусоид с разными частотами, амплитудами и фазами. Этот анализ позволяет представить сигнал в частотной области, выявляя его спектр – набор частотных компонентов, формирующих исходный сигнал.

Спектральный анализ для обработки гидрологических данных применяется для выявления и изучения периодических и циклических компонентов во временных рядах гидрологических параметров, таких как уровни воды, расходы рек, осадки и другие показатели. Этот метод позволяет представить сложный временной сигнал в виде набора синусоидальных составляющих с разными частотами, амплитудами и фазами, что помогает:

- Определить сезонные, многолетние и другие циклы в гидрологических процессах, важные для понимания закономерностей водного режима и прогнозирования;
- Выделить основные частотные компоненты и отделить полезный сигнал от шумов и случайных флуктуаций, улучшая качество анализа и моделирования.

2.2 Особенности многолетней изменчивости водности рек и уровня озера Ильмень

В работе использовались данные наблюдений за расходами воды осредненные для месячных и годовых интервалов рек Мста – период с 1945 по 2022 гг., Ловать – с 1945 по 2022 гг., Шелонь – с 1945 по 2009 гг., Волхов – с 1945 по 2014 гг., и данные наблюдений за уровнями воды озера Ильмень в период с 1960 по 2022 гг. (Приложение 1). База данных была сформирована преимущественно с использованием Гидрологических ежегодников, а также Автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО).

Проверка ряда на однородность. Гидрологический ряд считается однородным, если в течение всего рассматриваемого периода условия формирования стока оставались неизменными. Антропогенное воздействие и природные катаклизмы могут привести к изменению условий формирования стока и нарушить однородность ряда. Критерии Стьюдента и Фишера являются так называемыми стандартными критериями и рекомендуются в большинстве нормативных документов в качестве одних из официальных тестов на однородность.

Критерий Стьюдента используется для проверки однородности гидрологических рядов по среднему значению, а критерий Фишера используется для проверки однородности по дисперсии.

По среднегодовым данным наблюдений за расходами воды рек Мста, Ловать, Шелонь, Волхов и уровнями воды озера Ильмень производится проверка однородности гидрологических рядов с использованием параметрических критериев Фишера и Стьюдента. Результаты проверки приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты проверки рядов на однородность по критериям Фишера и Стьюдента для среднегодовых расходов и уровней воды

Река – пост	$ t^* $	$t_{2\alpha\%}$	$H_0: x_1 = x_2$	F^*	$F_{2\alpha\%}$	$H_0: D_1 = D_2$
р. Мста – д. Девкино	2,77	1,99	опроверг.	1,78	1,91	не опроверг.
р. Ловать – г. Холм	2,48	1,99	опроверг.	2,35	1,91	опроверг.
р. Шелонь – д. Заполье	3,17	2,00	опроверг.	3,22	2,05	опроверг.
р. Волхов – г. Новгород	2,85	2,00	опроверг.	1,51	2,00	не опроверг.
оз. Ильмень – д. Войцы	4,39	1,99	опроверг.	2,68	1,91	опроверг.

Поскольку эмпирические значения статистик Стьюдента больше теоретических, можно считать различия в средних значениях по отдельным частям ряда значительными. В данном случае, для всех рядов наблюдений гипотеза об однородности ряда по критерию Стьюдента при уровне значимости $2\alpha = 5\%$ опровергается.

Эмпирические значения статистик для рек Ловать, Шелонь и оз. Ильмень больше теоретических, соответственно, можно считать, что различия в дисперсии по отдельным частям ряда значительны. Таким образом, гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера при уровне значимости $2\alpha = 5\%$ для данных рядов наблюдений опровергается (ряды не однородны). Гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера для рядов наблюдений рек Мста и Ловать не опровергается, т.к. эмпирические значения меньше теоретических (различия по дисперсии не значительны).

Основными причинами выявленной неоднородности может служить влияние антропогенного воздействия на водосборы водотоков и водоема, а также климатические изменения.

Для оценки значимости линейных трендов использовался критерий выборочного коэффициента корреляции R . Гипотеза об отсутствии тренда не опровергалась при уровне значимости $2\alpha = 5\%$, если выполнялось условие $|R| < t_{2\alpha}\sigma_R$. Оценки значимости даны в табл. 2.2, а хронологические графики среднегодовых расходов и уровней воды с нанесением графиков линейных трендов изображены на рисунках 2.1 – 2.5.

Таблица 2.2 – Проверка значимости линейных трендов

Река – пост	n , лет	R^2	R	σ	R/σ	$t_{2\alpha=5\%}$	Значимость тренда
р. Мста – д. Девкино	77	0,03	0,18	0,11	1,62	1,99	не значимый
р. Ловать – г. Холм	77	0,01	0,10	0,11	0,83	1,99	не значимый
р. Шелонь – д. Заполье	64	0,07	0,26	0,12	2,10	2,00	значимый
р. Волхов – г. Новгород	69	0,04	0,19	0,12	1,61	2,00	не значимый
оз. Ильмень – д. Войцы	63	0,07	0,26	0,12	2,14	2,00	значимый

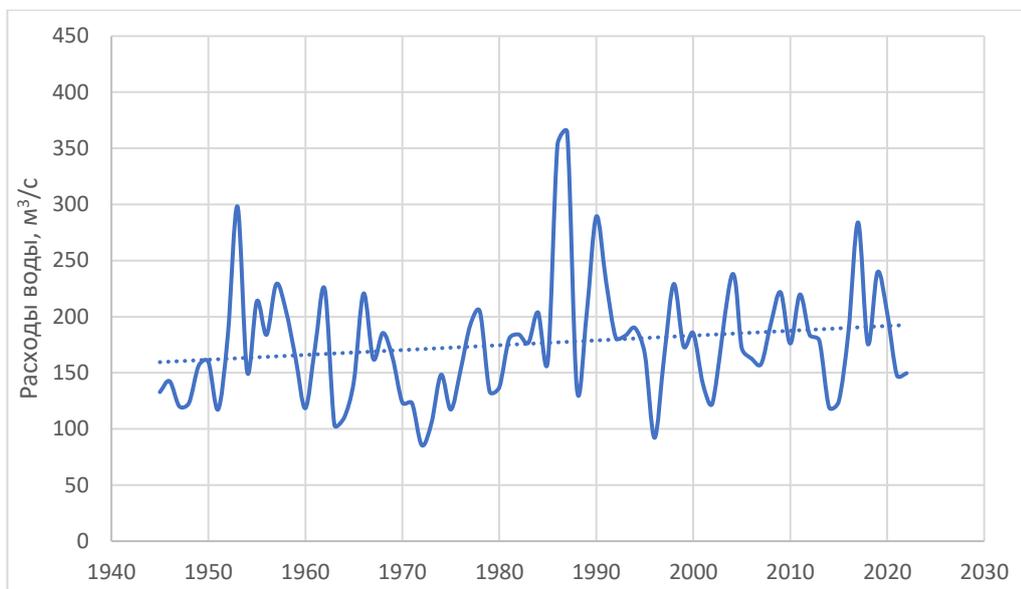


Рисунок 2.1 – Хронологический график среднегодовых расходов воды
р. Мста – д. Девкино (1945 – 2022 гг.)

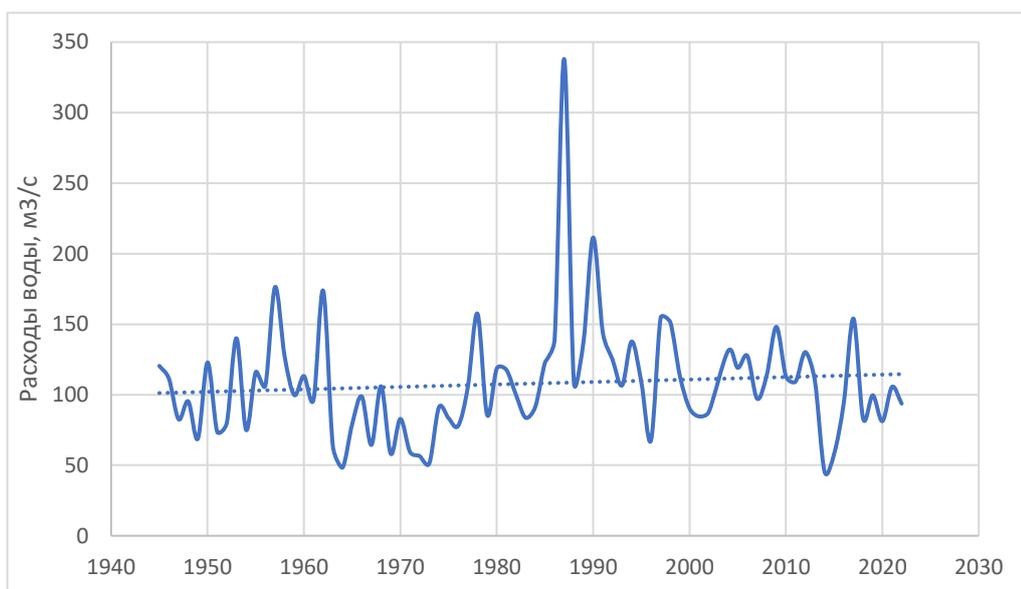


Рисунок 2.2 – Хронологический график среднегодовых расходов воды
р. Ловать – г. Холм (1945 – 2022 гг.)

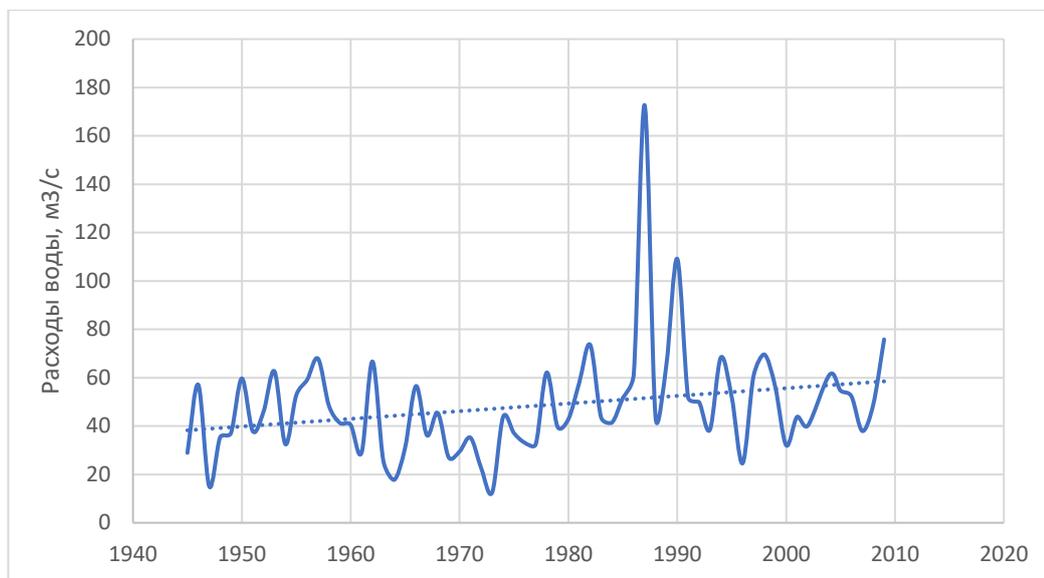


Рисунок 2.3 – Хронологический график среднегодовых расходов воды
р. Шелонь – д. Заполье (1945 – 2009 гг.)

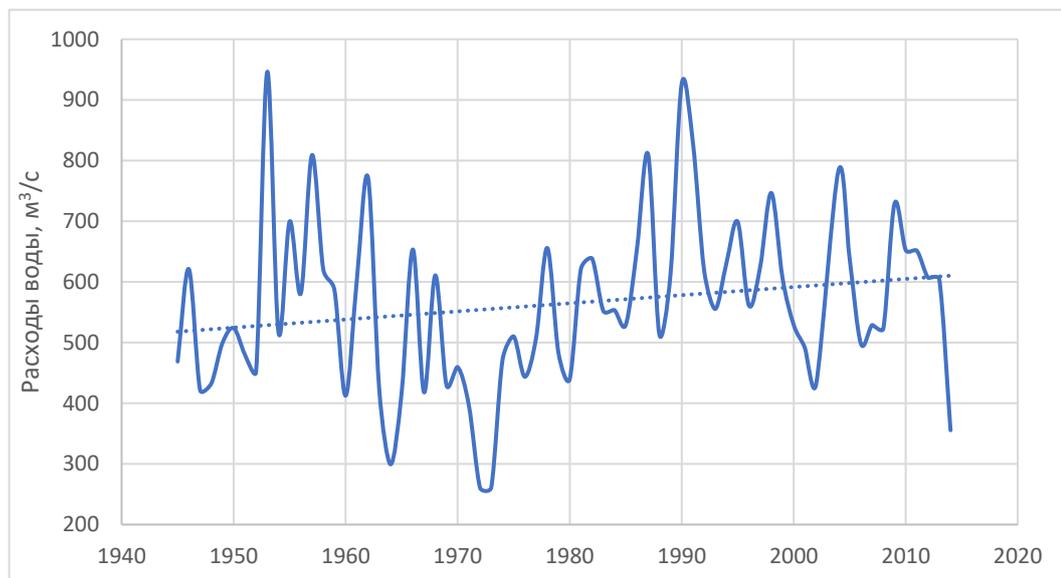


Рисунок 2.4 – Хронологический график среднегодовых расходов воды
р. Волхов – г. Новгород (1945 – 2014 гг.)

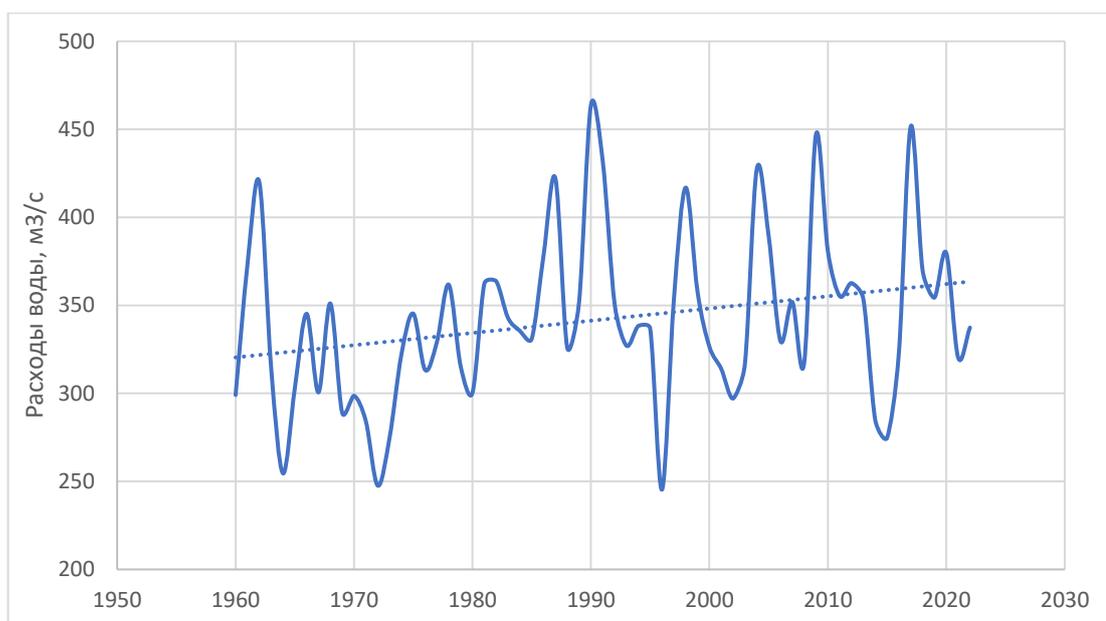


Рисунок 2.5 – Хронологический график среднегодовых расходов воды оз. Ильмень – д. Войцы (1960 – 2022 гг.)

Графики средних годовых расходов воды на реках Мста, Ловать, Шелонь и Волхов с нанесенными на них квантильными диаграммами приведены на рисунках 2.6 – 2.9. Результаты квантильного анализа многолетней изменчивости анализируемых процессов приведены в таблице 2.3.

Выполненный анализ позволил выделить многоводные и маловодные годы на исследуемых реках. Годы, для которых значения расходов воды выходили за квантиль $X_{0.75}$ считались многоводными, а годы со значениями расходов ниже квантили $X_{0.25}$ – маловодными. Годы, для которых значения расходов выходили за верхнюю и нижнюю границы, т.е. X_{α} и X_{β} считались экстремальными.

Таблица 2.3 – Вероятностные характеристики многолетней изменчивости расходов воды

Река – пост	Макс	Мин	$X_{0.25}$	$X_{0.5}$	$X_{0.75}$	R	Q	T	$X_{\bar{v}}$	$X_{\bar{n}}$	m	σ	$0.74Q$
р. Мста – д. Девкино	364	85,6	139	173	203	279	64,1	172	235	42,4	176	53,1	47,4
р. Ловать – г. Холм	338	45,5	83,0	106	124	292	41,0	105	145	21,4	108	41,5	30,4
р. Шелонь – д. Заполье	173	12,6	35,2	43,8	58,0	160	22,8	45,2	69,5	0,94	48,2	23,0	16,9
р. Волхов – г. Новгород	946	260	464	554	638	686	174	552	725	204	564	140	129

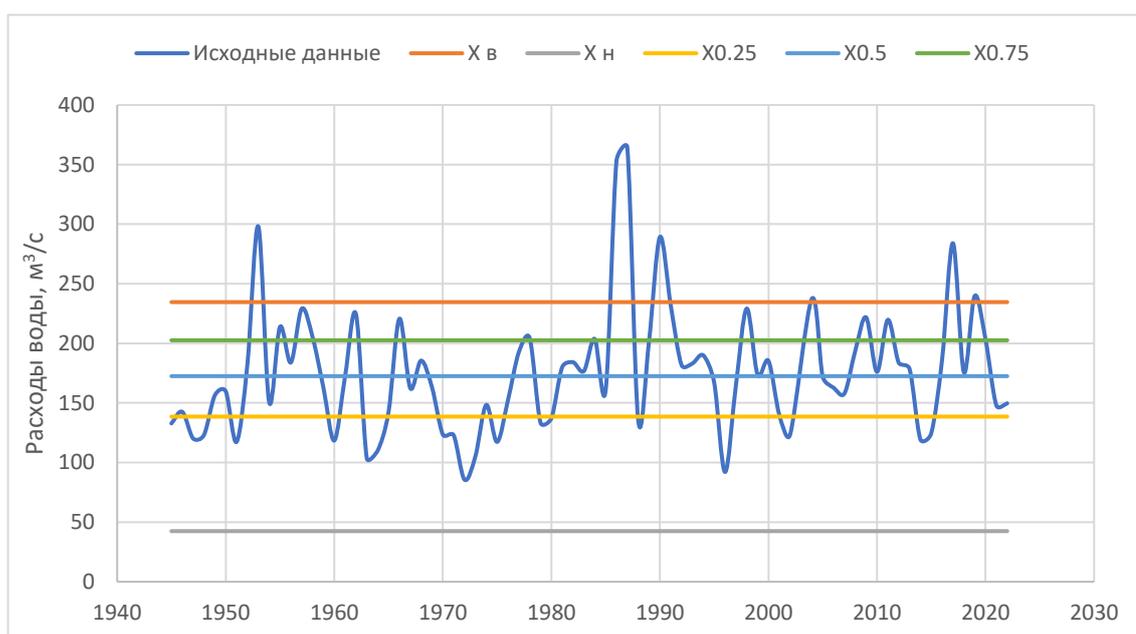


Рисунок 2.6 – Квантильная диаграмма средних годовых значений расходов воды р. Мста – д. Девкино (1945 – 2022 гг.)

Экстремально низкие значения расходов воды в выборке не наблюдались, а экстремально высокие наблюдались в 1953, 1986, 1987, 1990, 2004, 2017, 2020 годах. За рассматриваемый период с 1945 по 2022 гг. наблюдалось 19 многоводных лет и 19 маловодных.

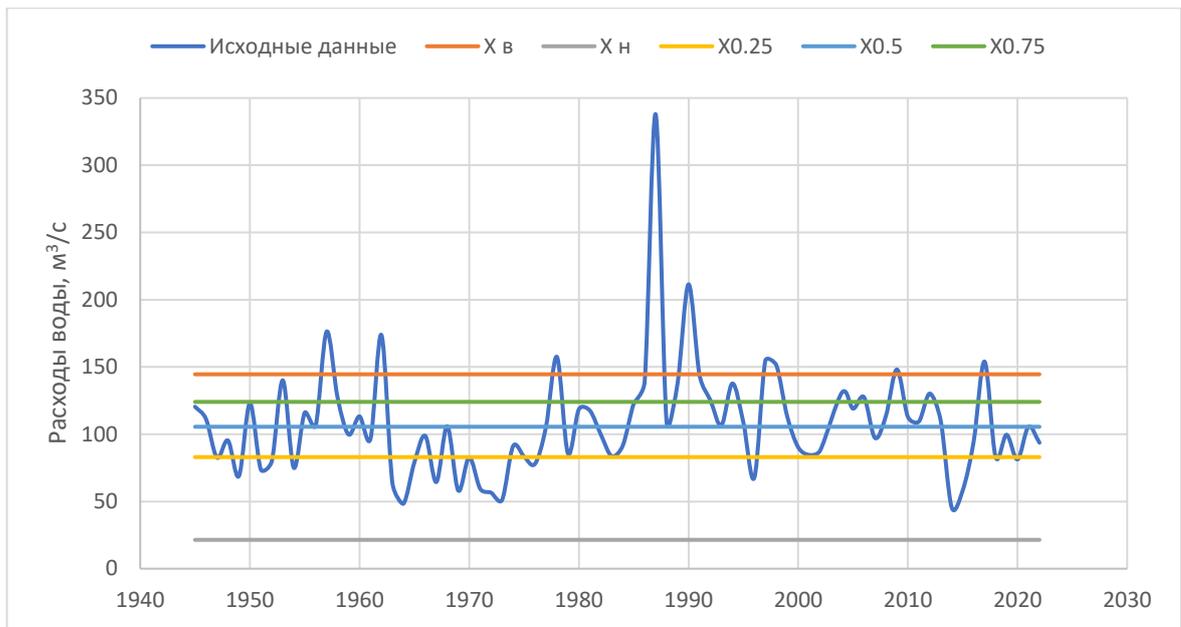


Рисунок 2.7 – Квантильная диаграмма средних годовых значений расходов воды р. Ловать – г. Холм (1945 – 2022 гг.)

Экстремально высокие значения расходов воды наблюдались в 1957, 1962, 1978, 1987, 1990, 1997, 1998, 2009, 2018 годах, экстремально низкие значения в выборке не наблюдались. За рассматриваемый период с 1945 по 2022 гг. наблюдалось 19 многоводных лет и 19 маловодных.

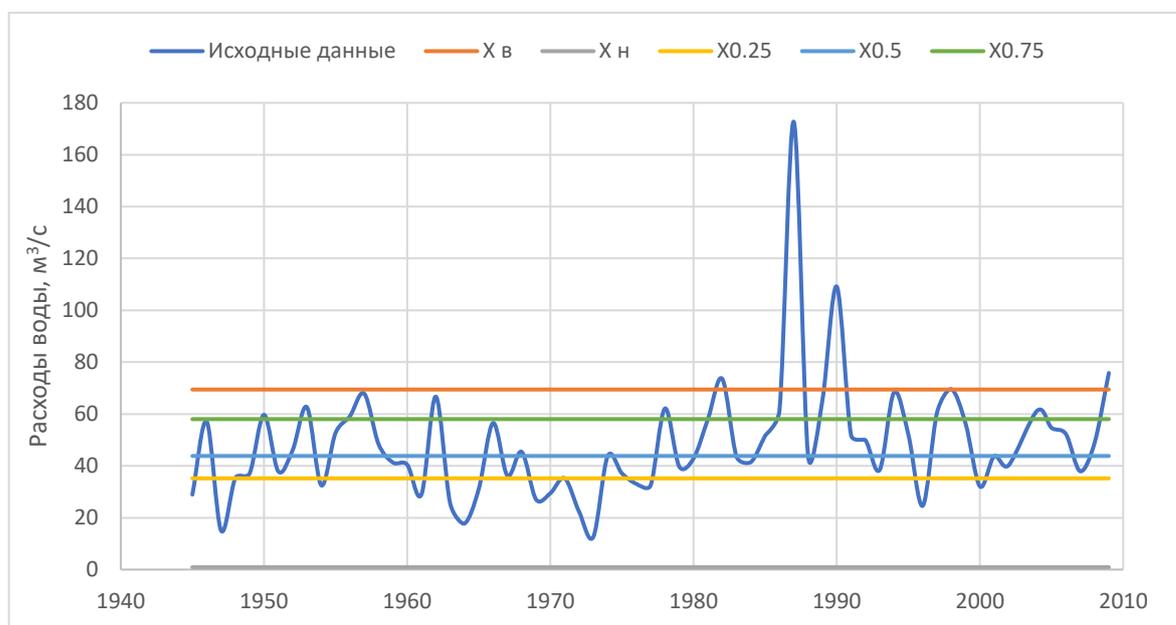


Рисунок 2.8 – Квантильная диаграмма средних годовых значений расходов воды р. Шелонь – д. Заполье (1945 – 2009 гг.)

Экстремально низкие значения расходов воды в выборке не наблюдались, а экстремально высокие наблюдались в 1957, 1982, 1987, 1990,

1994, 1998, 2009 годах. За рассматриваемый период с 1945 по 2009 гг. наблюдалось 17 многоводных лет и 15 маловодных.

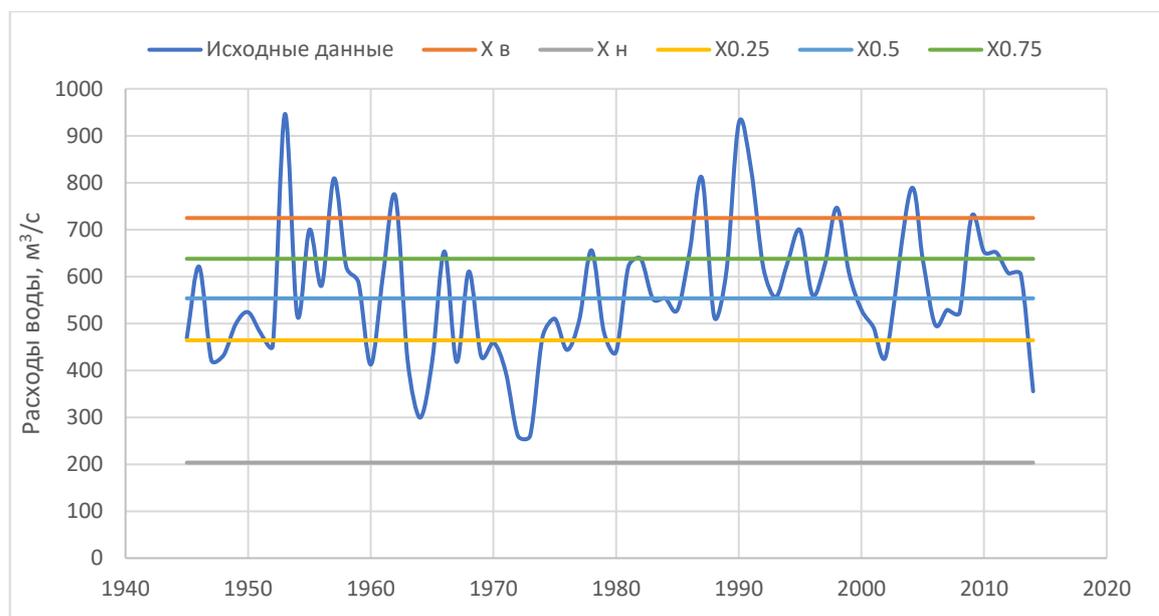


Рисунок 2.9 – Квантильная диаграмма средних годовых значений расходов воды р. Волхов – г. Новгород (1945 – 2014 гг.)

Экстремально низкие значения расходов воды в выборке не наблюдались, а экстремально высокие наблюдались в 1953, 1957, 1962, 1987, 1990, 1998, 2004, 2009 годах. За рассматриваемый период с 1945 по 2014 гг. наблюдалось 17 многоводных лет и 17 маловодных.

Исходя из графиков среднегодовых расходов воды на реках водосбора, отмечаются периоды многоводности и маловодности рек. Маловодные и многоводные годы наблюдались как разрозненно, так и группировались в фазы и циклы. По большей части, на всех четырех реках одного водосбора эти группы приходятся на одни и те же годы.

Для выделения периодов локальной нестационарности в рядах средних годовых расходов и уровней воды использовалась низкочастотная фильтрация Баттерворта с частотой среза $\omega = 0,57$ рад/год. Результаты низкочастотной фильтрации приведены на рисунках 2.10 – 2.14.



Рисунок 2.10 – Результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых расходов воды р. Мста – д. Девкино



Рисунок 2.11 – Результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых расходов воды р. Ловать – г. Холм



Рисунок 2.12 – Результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых расходов воды р. Шелонь – д. Заполье

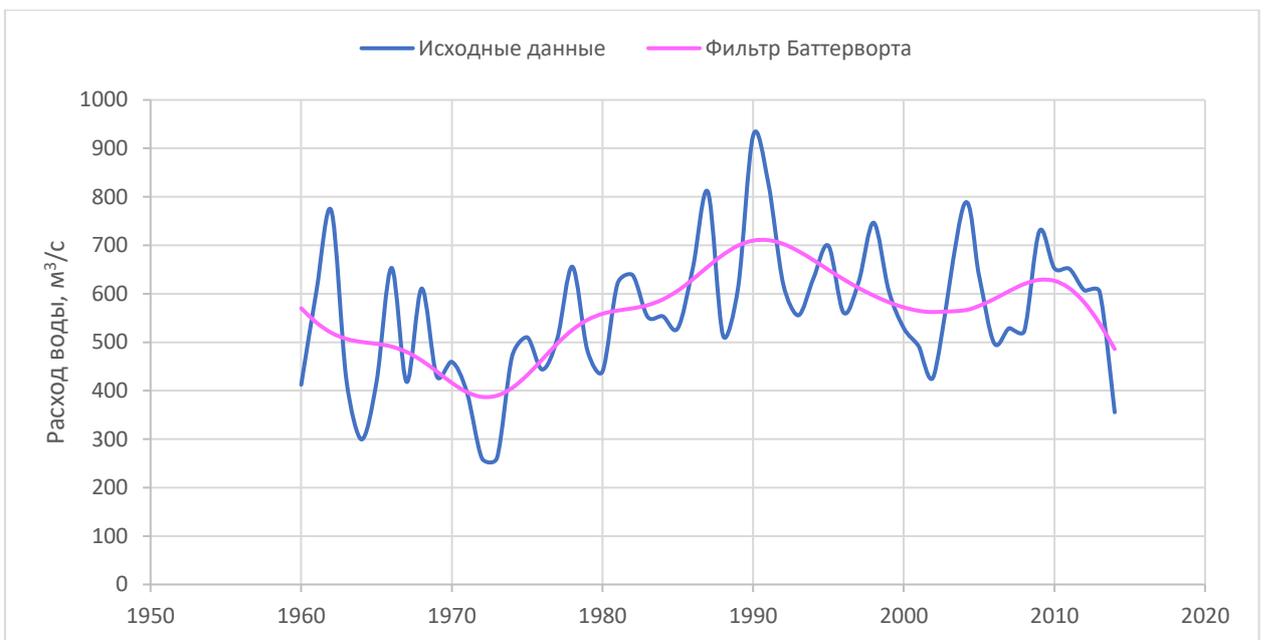


Рисунок 2.13 – Результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых расходов воды р. Волхов – г. Новгород

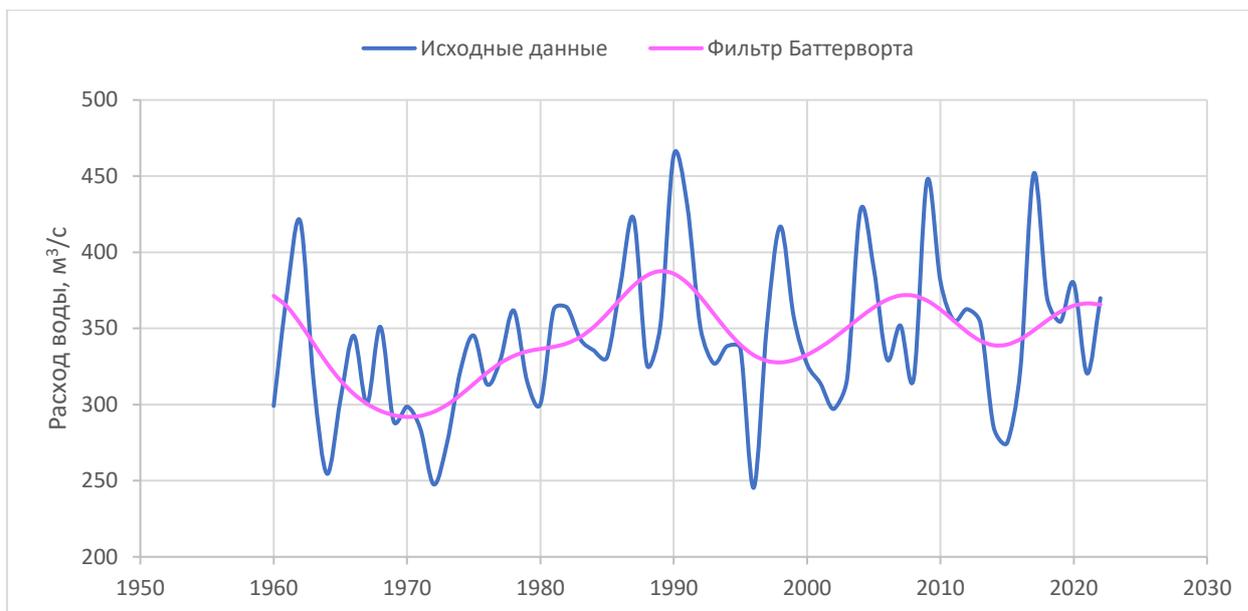


Рисунок 2.14 – Результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы

Результаты фильтрации Баттерворта с частотой среза $\omega = 0,57$ рад/год позволяют выделить периоды локальной нестационарности продолжительностью несколько лет и десятилетий. На реке Мста можно выделить четыре цикла подъема (1945 – 1955, 1972 – 1988, 1996 – 2007, 2013 – 2018), и четыре цикла спада (1955 – 1972, 1988 – 1996, 2007 – 2013, 2018 – 2022) расходов воды. На реке Ловать наблюдается также по четыре цикла подъема (1950 – 1957, 1970 – 1989, 1997 – 2008, 2016 – 2022) и спада (1945 – 1950, 1957 – 1970, 1989 – 1997, 2008 – 2016). Шелонь характеризуется тремя циклами подъема (1945 – 1955, 1972 – 1988, 1996 – 2009) и двумя циклами спада (1955 – 1972, 1988 – 1996). Волхов – два цикла подъема (1972 – 1991, 2002 – 2009), три цикла спада (1945 – 1972, 1991 – 2002, 2009 – 2014). На озере Ильмень выделяется по три цикла подъема и спада уровней воды: подъем (1970 – 1989, 1998 – 2007, 2014 – 2022), спад (1960 – 1970, 1989 – 1998, 2007 – 2014).

Результаты высокочастотной фильтрации Баттерворта для среднегодовых расходов р. Волхов и уровней воды оз. Ильмень представлены на рисунках 2.15 – 2.16.

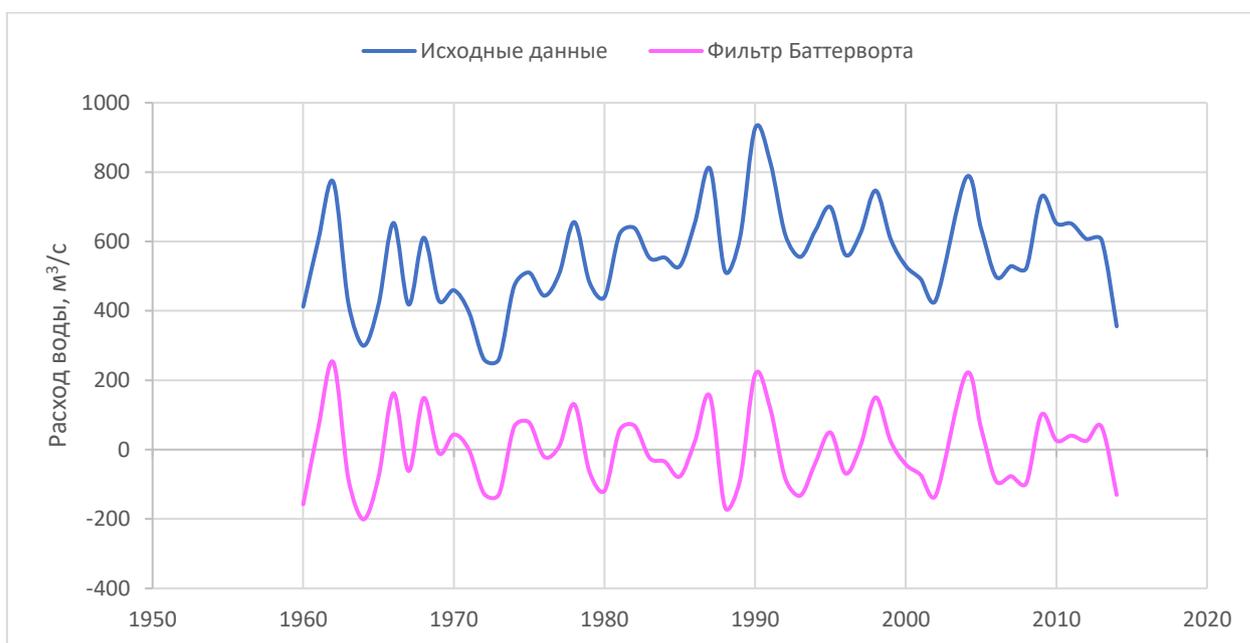


Рисунок 2.15 – Результаты высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых расходов воды р. Волхов – г. Новгород

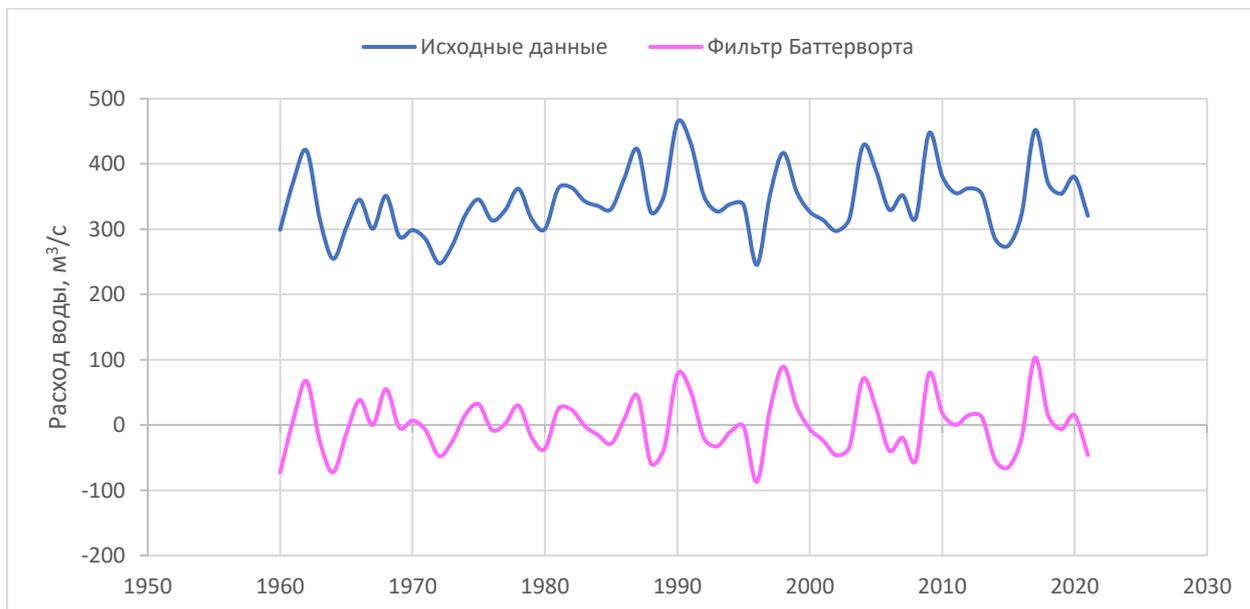


Рисунок 2.16 – Результаты высокочастотной фильтрации Баттерворта среднегодовых уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы

Для проверки результатов фильтрации рассчитывались оценки спектральной плотности по рядам исходных средних годовых значений и

полученным после низкочастотной и высокочастотной фильтрации (рис. 2.17 – 2.22).

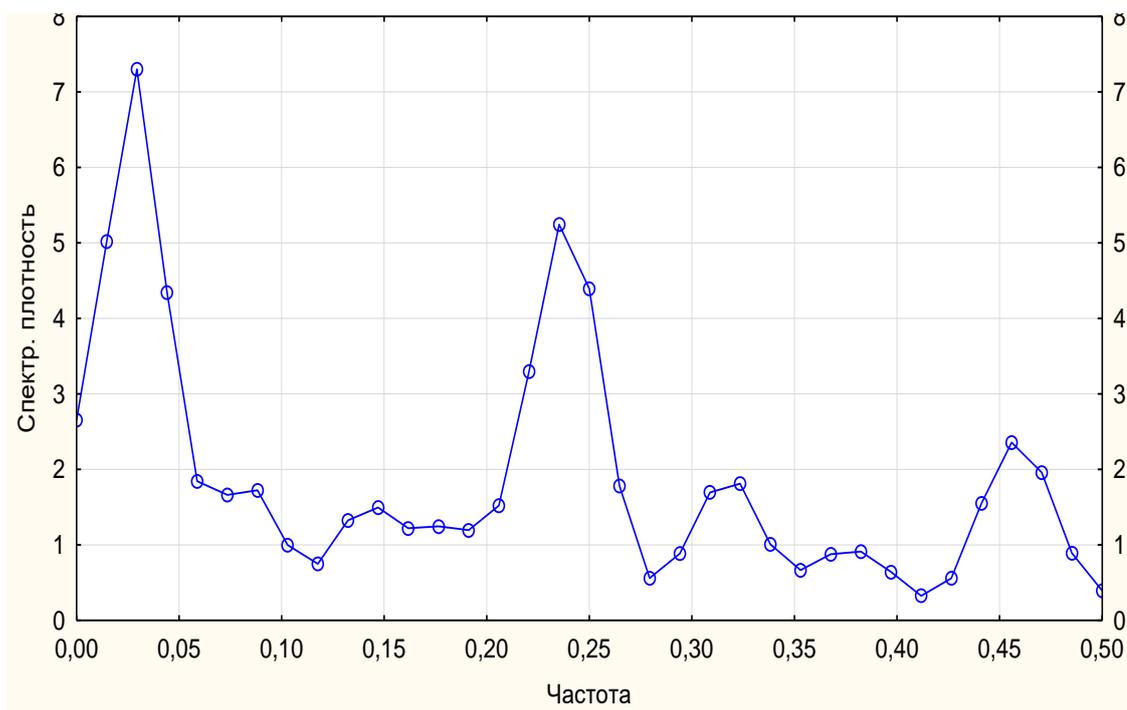


Рисунок 2.17 – График спектральной плотности исходных данных
р. Волхов – г. Новгород

Максимальное значение периодограммы (13,85) и спектральной плотности (7,30) соответствуют частоте 0,2941 и периоду 34. Второй максимум периодограммы (7,33) и спектральной плотности (5,25) соответствует частоте 0,2353 и периоду 4,3 года.

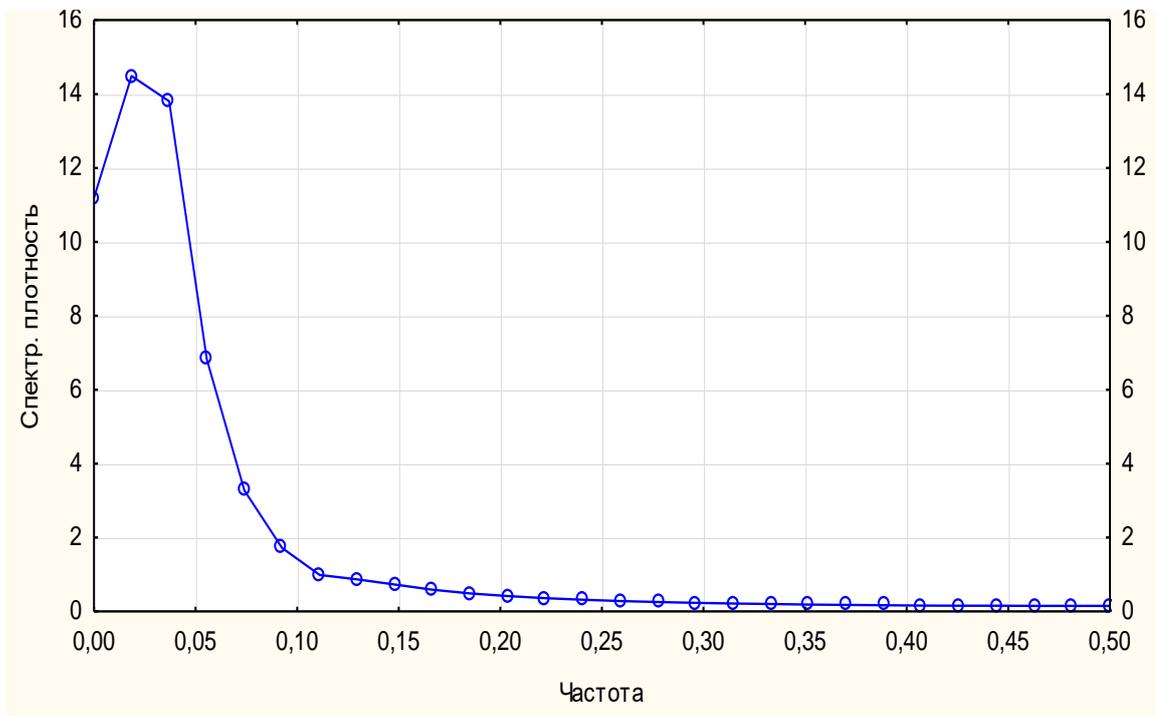


Рисунок 2.18 – График спектральной плотности по результатам низкочастотной фильтрации р. Волхов – г. Новгород

Максимальное значение периодограммы (20,34) и спектральной плотности (14,5) соответствуют частоте 0,0185 и периоду 54 года.

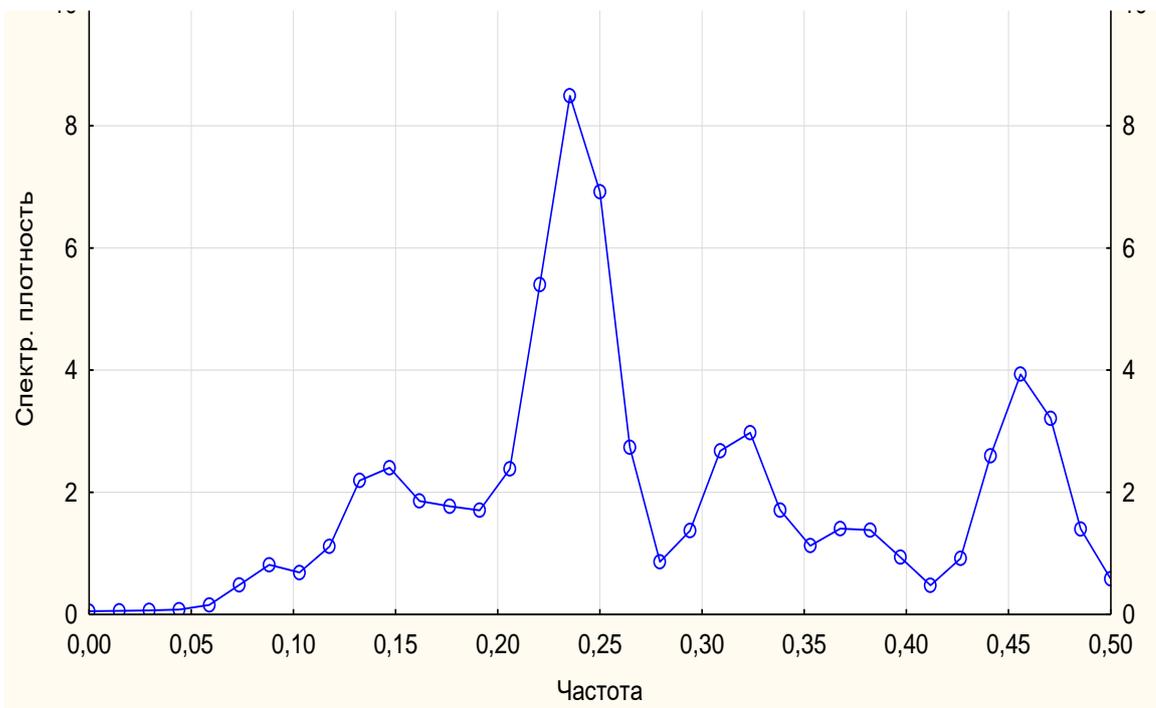


Рисунок 2.19 – График спектральной плотности по результатам высокочастотной фильтрации р. Волхов – г. Новгород

По результатам высокочастотной фильтрации на графике спектральной плотности наблюдаются два пика – первый максимум периодограммы (12,09) и спектральной плотности (8,49) соответствует частоте 0,2353 и периоду 4,3 года, второй – значению периодограммы (5,27) и спектральной плотности (3,93) соответствуют частоте 0,4559 и периоду 2,2 года.

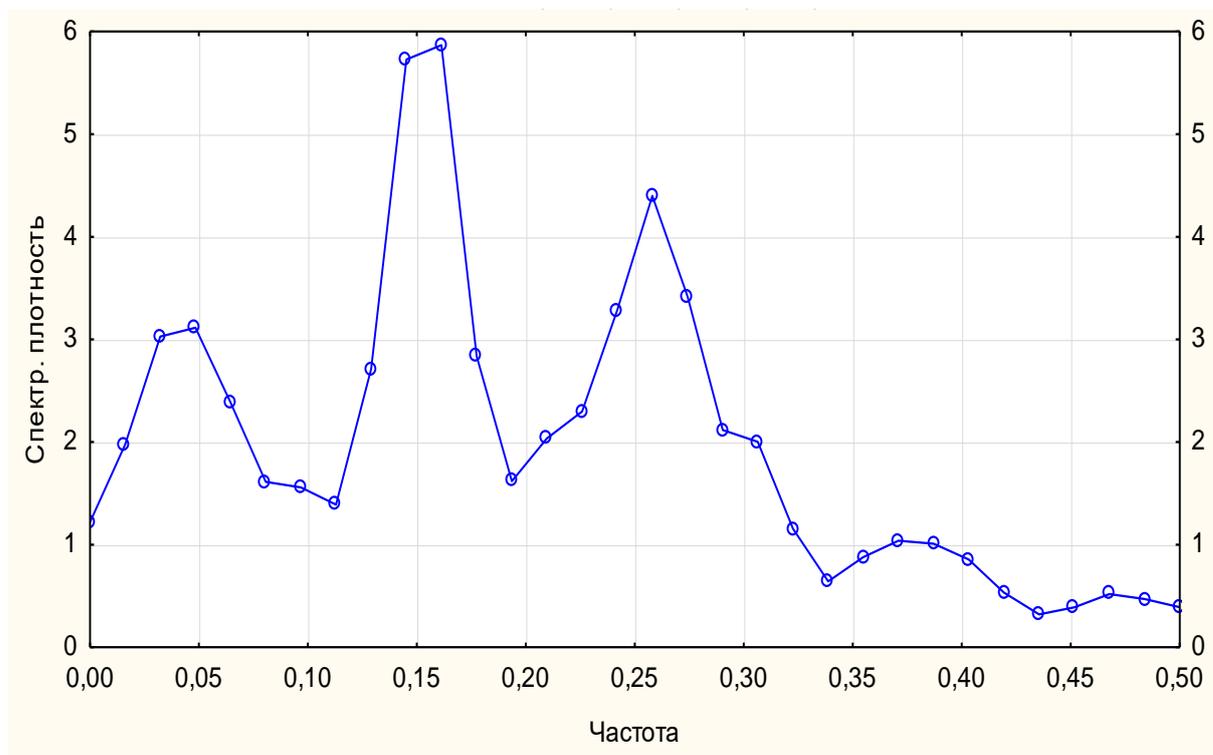


Рисунок 2.20 – График спектральной плотности исходных данных

оз. Ильмень – д. Войцы

Максимальное значение периодограммы (7,64) и спектральной плотности (5,73) соответствуют частоте 0,1451 и периоду 6,89 лет.

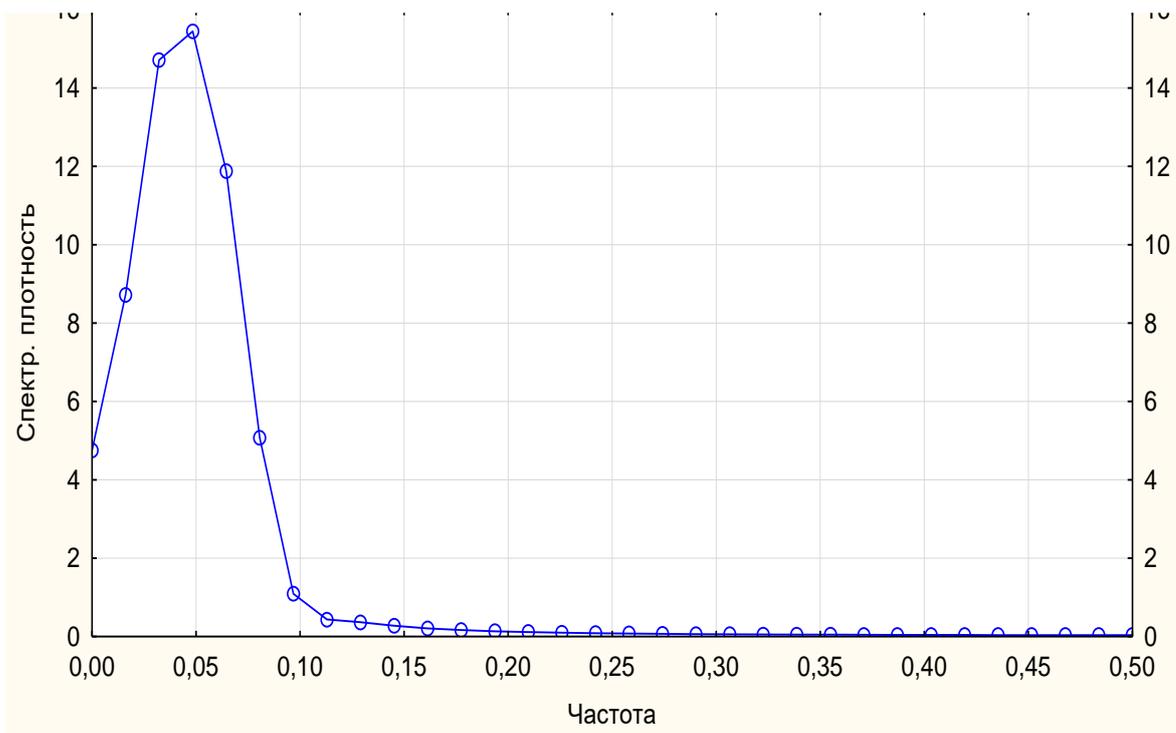


Рисунок 2.21 – График спектральной плотности по результатам низкочастотной фильтрации оз. Ильмень – д. Войцы

Максимальное значение периодограммы (20,54) и спектральной плотности (14,7) соответствуют частоте 0,0323 и периоду 31 год.

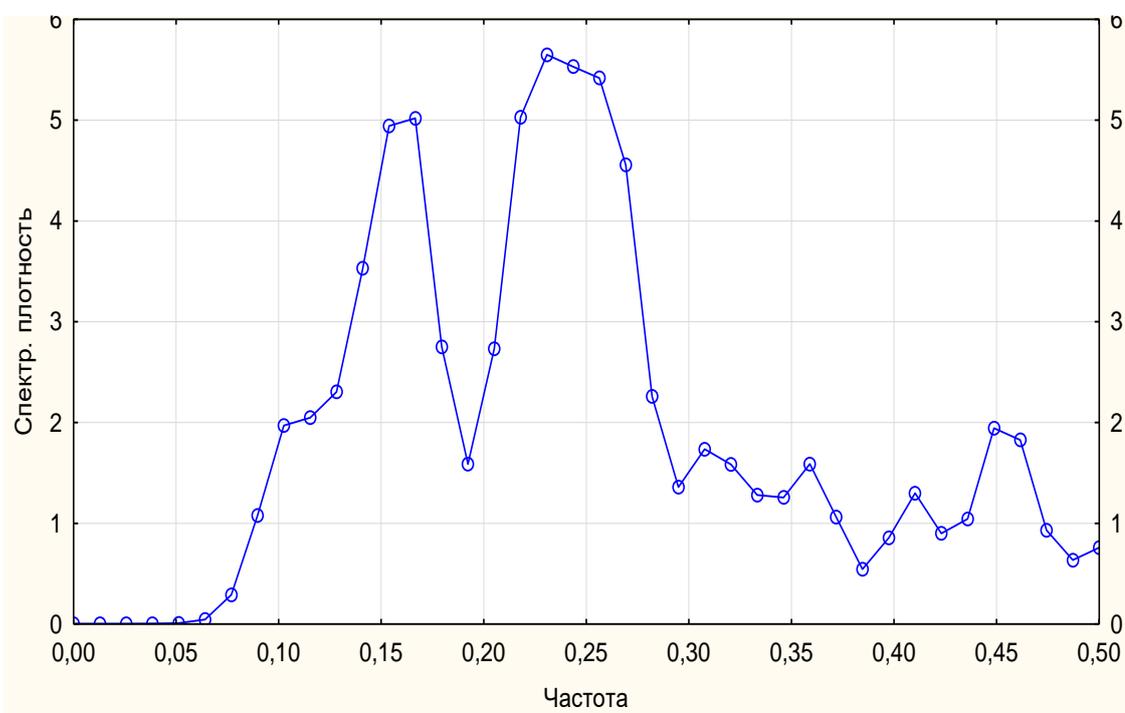


Рисунок 2.22 – График спектральной плотности по результатам высокочастотной фильтрации оз. Ильмень – д. Войцы

По результатам высокочастотной фильтрации на графике спектральной плотности наблюдаются два пика – первый максимум периодограммы (8,28) и спектральной плотности (5,02) соответствует частоте 0,1667 и периоду 6 лет, второй – значению периодограммы (7,81) и спектральной плотности (5,03) соответствуют частоте 0,2179 и периоду 4,5 года.

Для временной изменчивости расходов воды в реках бассейна озера Ильмень характерна разномасштабная изменчивость, которая проявляется в наличии долгопериодного колебания и колебаний меньшего масштаба.

На временных отрезках ограниченной продолжительности (период инструментальных наблюдений) долгопериодные колебания проявляются в виде ветвей подъема и спада значений (периодов локальной нестационарности).

Для расходов воды и уровня озера характерны долгопериодные квази-30-ти летние колебания и циклы с периодами около 6-8 лет, 4-х и 2-х лет.

На рисунке 2.23 представлен график связи расходов воды реки Волхов и уровней воды озера Ильмень.

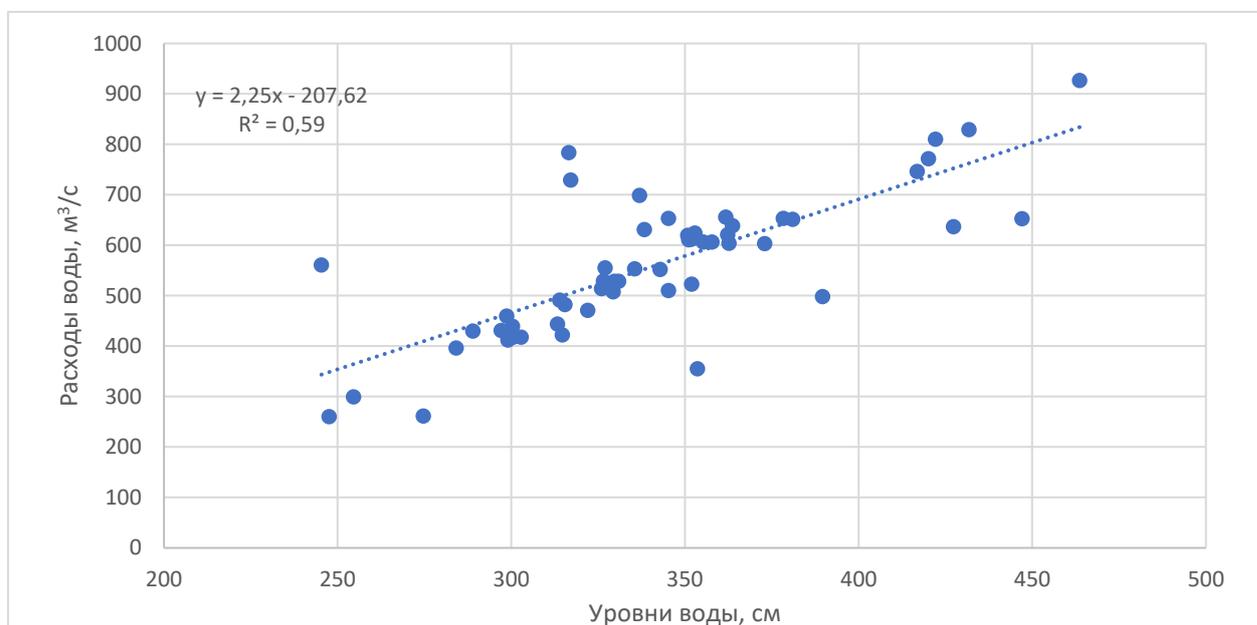


Рисунок 2.22 – График связи уровней оз. Ильмень и расходов воды р. Волхов

Как видно из графика, связь между расходами воды в реке Волхов и уровнями озера Ильмень достаточно тесная. Коэффициент детерминации в

уравнении связи составляет 0,59, что в пересчете на коэффициент корреляции достигает значения 0,77. В отдельные годы наблюдается разброс точек на рисунке 2.21, что может быть связано с действие гидротехнического сооружения на расходы реки Волхов.

3 Внутригодовые колебания водности рек и уровня озера Ильмень

3.1 Методы исследования

Для анализа внутригодовых колебаний расходов и уровней воды использовались методы теории периодически коррелированных случайных процессов (ПКСП) и метод авторегрессии (АР).

Многим природным процессам свойственна ритмика с годовым периодом. Ее наличие создает определенные трудности при анализе временных рядов как стационарных эргодических случайных процессов.

Естественной моделью, описывающей изменчивость природных процессов, содержащих ритмику годовой цикличности, являются периодически коррелированные случайные процессы «ПКСП». Теория ПКСП и методы оценивания вероятностных характеристик разработаны достаточно хорошо и нашли широкое применение в гидрометеорологии.

За вероятностную модель гидрометеорологических процессов примем класс ПКСП, у которого математическое ожидание $m(t)$, корреляционная функция $K(t, \tau)$ и спектральная плотность $S(\omega, t)$ являются периодическими функциями по t с периодом T , равным одному году (или одним суткам).

Для ПКСП, обладающих эргодическим свойством, возможны два подхода к оцениванию вероятностных характеристик по одной реализации ограниченной продолжительности.

При использовании когерентного метода исходят из того, что отсчеты значений ПКСП $\xi(t)$ через период коррелированности при любом начале отсчета $t \in [0, T]$ образуют стационарную эргодическую случайную последовательность $\xi(t+kT)$. Пусть длина исходной реализации $\theta = NT$, тогда оценка $m^*(t)$ математического ожидания $m(t)$ может быть записана в виде:

$$m^*(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \xi(t + kT) \quad (3.1)$$

А оценка $K^*(t, \tau)$ корреляционной функции $K(t, \tau)$ – в виде:

$$K^*(t, \tau) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \xi^0(t + kT) \xi^0(t + \tau + kT) \quad (3.2)$$

где $\xi^0(t) = \xi(t) - m^*(t)$.

При использовании компонентного метода исходят из того, что характеристики $m(t)$ и $K(t, \tau)$ являются периодическими функциями времени и могут быть представлены в виде отрезков ряда Фурье. Коэффициенты m_k и $k_k(\tau)$ этих разложений вычисляются по формулам:

$$m_k = \frac{1}{T} \int_0^T m(t) \exp\left(-ik \frac{2\pi}{T} t\right) dt \quad (3.3)$$

$$k_k(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T K(t, \tau) \exp\left(-ik \frac{2\pi}{T} t\right) dt \quad (3.4)$$

Оценки этих «компонентов» могут быть вычислены по исходной реализации:

$$m_k^* = \frac{1}{\theta} \int_0^\theta \xi(t) \exp\left(-ik \frac{2\pi}{T} t\right) dt \quad (3.5)$$

$$k_k^* = \frac{1}{\theta} \int_0^\theta \xi^0(t + \tau) \xi^0(t) \exp\left(-ik \frac{2\pi}{T} t\right) dt \quad (3.6)$$

Теоретически оба метода эквивалентны, так как все операции линейны и поэтому их порядок безразличен. Однако из-за различий свойств статистических оценок и характерных свойств исследуемых процессов оценки $m(t)$ и $K(t, \tau)$, а также m_k и $k_k(\tau)$, вычисленные по компонентному и когерентному методам будут различаться между собой.

В качестве оценки частотно-временной спектральной плотности $S(\omega, t)$ используется выражение (3.7), а спектральные компоненты $S_k(\omega)$ в соответствии с корреляционным методом эмпирического спектрального анализа вычисляются по формуле (3.8):

$$S^*(\omega, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\tau_{max}}^{\tau_{max}} \lambda(t, \tau) K^*(t, \tau) \exp(i\omega\tau) d\tau \quad (3.7)$$

$$S_k^* = \frac{1}{2\pi} \int_{-\tau_{max}}^{\tau_{max}} k_k^*(\tau) \lambda(\tau) \exp(-i\omega\tau) d\tau \quad (3.8)$$

Эти оценки являются смещенными вследствие усечения коррелограмм $K^*(t, \tau)$ и $k_k^*(\tau)$ в точках $\pm\tau_{max}$, отличия весовых функций $\lambda(\tau)$ от 1 из-за смещения $\varepsilon_{K^*}(t, \tau)$ и $\varepsilon_{k_k^*}(\tau)$.

Авторегрессионная модель – модель временных рядов, в которой значения временного ряда в данный момент линейно зависят от предыдущих значений этого же ряда. Авторегрессионный процесс порядка p определяется следующим образом:

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p a_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.9)$$

где a_1, \dots, a_p – параметры модели (коэффициенты авторегрессии), c – постоянная (для упрощения предполагается равной нулю), ε_t – белый шум.

Простейшим примером является авторегрессия первого порядка AR(1)-процесс:

$$X_t = c + rX_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.10)$$

Для данного процесса коэффициент авторегрессии совпадает с коэффициентом авторегрессии первого порядка.

3.2 Особенности внутригодового хода

Ряды среднемесячных значений расходов воды р. Мста – д. Девкино (1945 – 2022 гг.), р. Ловать – г. Холм (1945 – 2022 гг.), р. Шелонь – д. Заполье (1945 – 2009 гг.), р. Волхов – г. Новгород (1960 – 2014 гг.) и уровней воды озера Ильмень (1960 – 2022 гг.) приведены на рисунках 3.1 – 3.5.

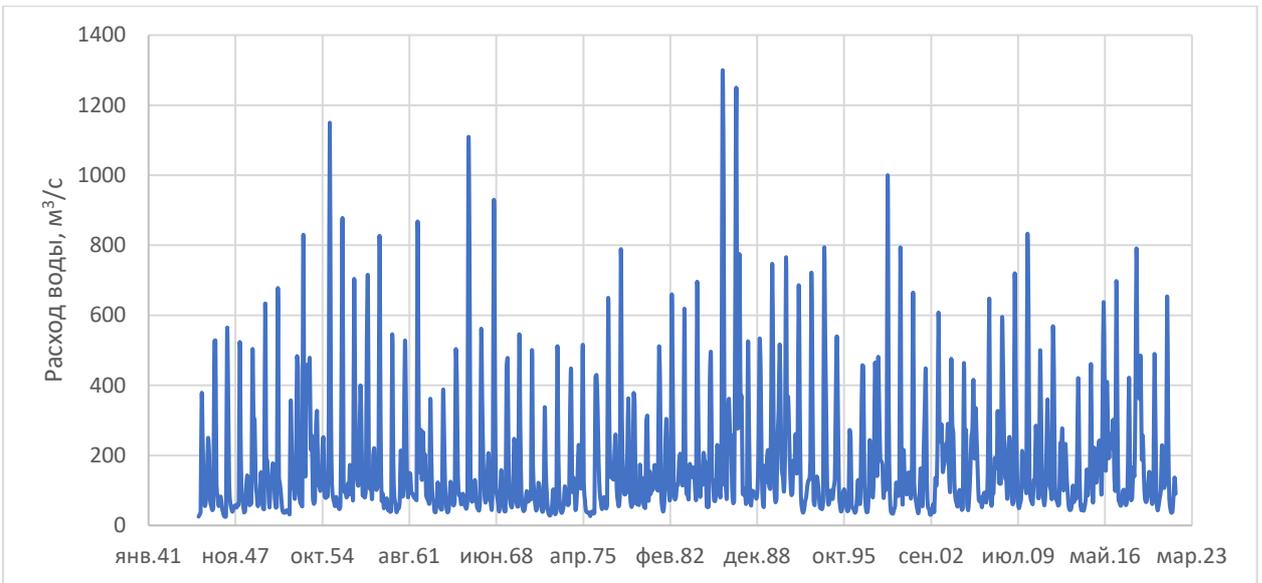


Рисунок 3.1 – Хронологический график среднемесячных расходов воды
р. Мста – д. Девкино

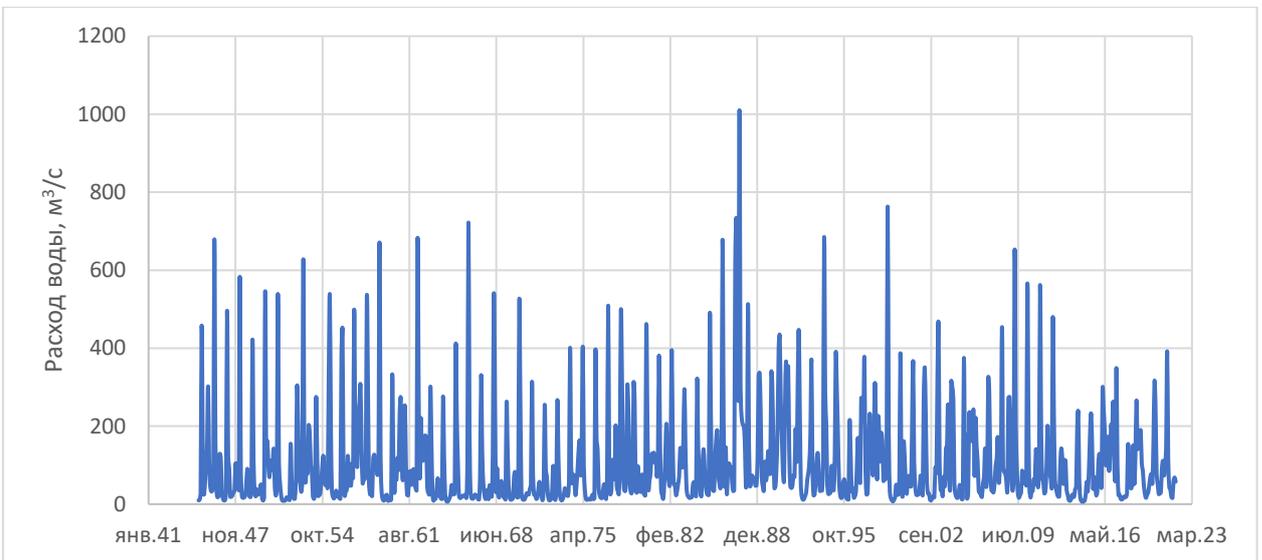


Рисунок 3.2 – Хронологический график среднемесячных расходов воды
р. Ловать – г. Холм

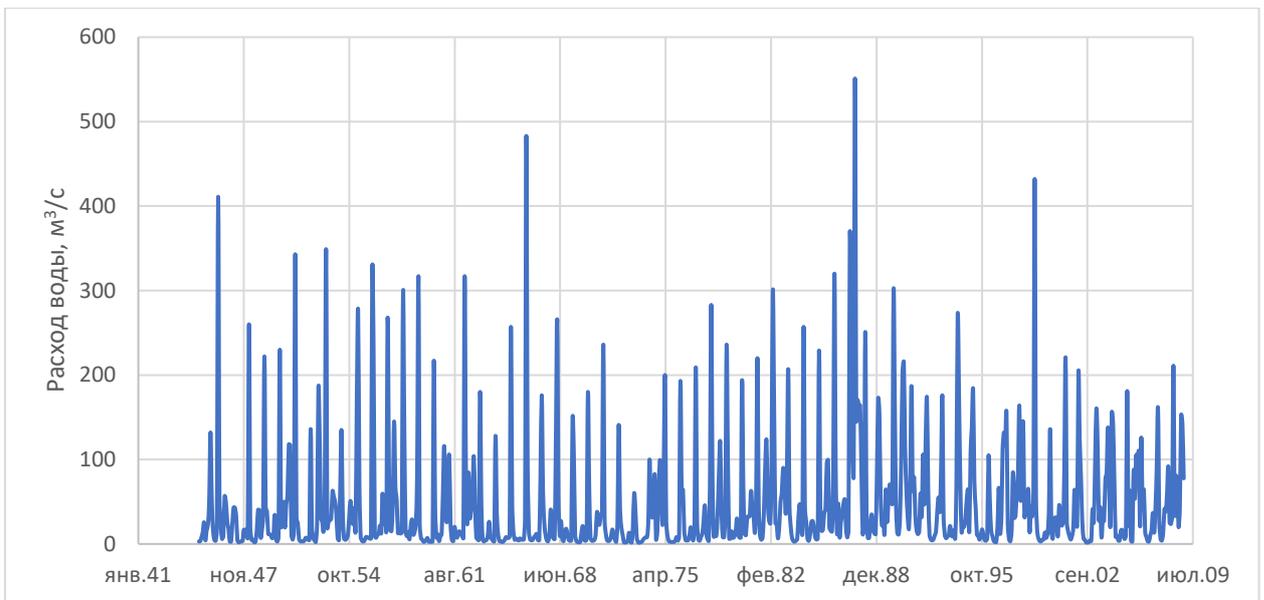


Рисунок 3.3 – Хронологический график среднемесячных расходов воды
р. Шелонь – д. Заполье

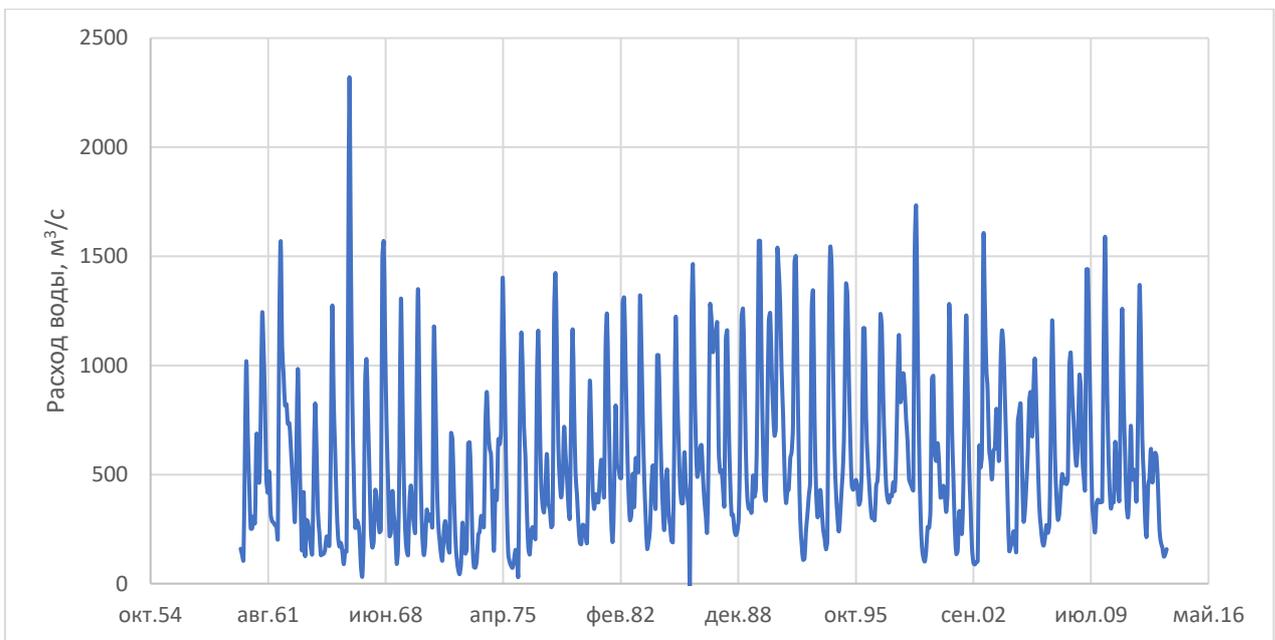


Рисунок 3.4 – Хронологический график среднемесячных расходов воды
р. Волхов – г. Новгород

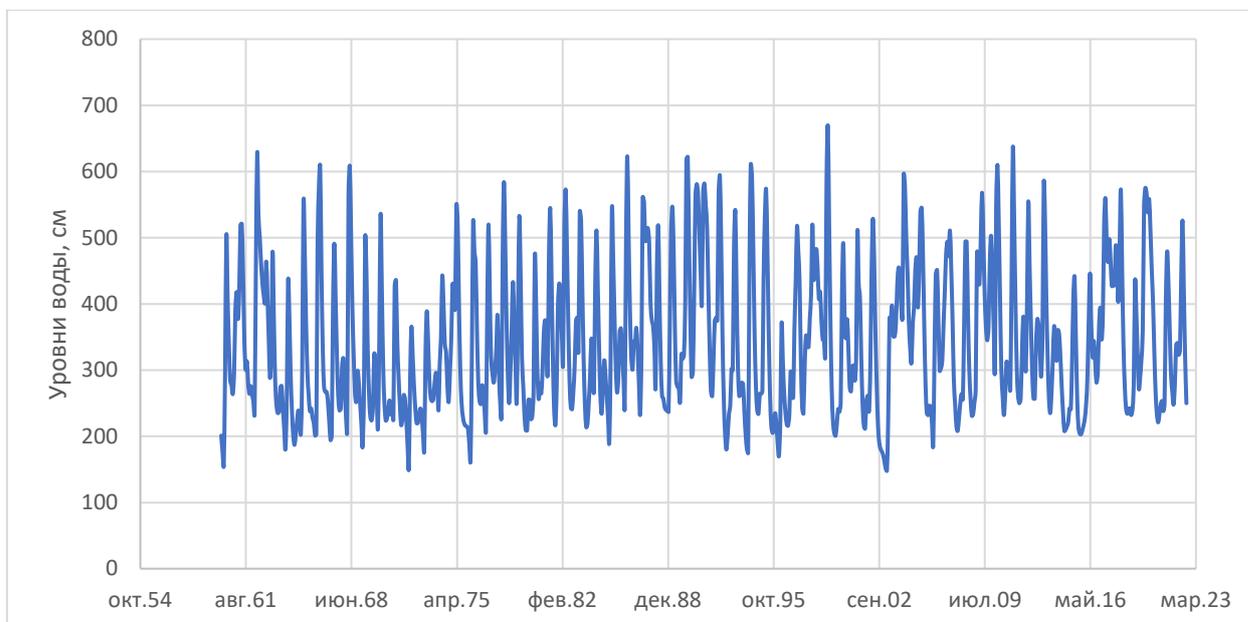


Рисунок 3.5 – Хронологический график среднемесячных уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы

Как видно из рисунков внутригодовой ход уровней воды оз. Ильмень и расходов воды р. Волхов наблюдается на фоне долгопериодного (низкочастотного) колебания.

На рисунках 3.3 – 3.10 представлены графики оценок вероятностных характеристик ПКСП: математического ожидания $m^*(t)$ и дисперсии $D^*(t)$, а их численные характеристики даны в таблицах 3.1 – 3.5.

Таблица 3.1 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода расходов воды р. Мста – д. Девкино

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	104	88,9	133	559	350	130	108	100	98,6	142	166	131
$D(t)$	5493	4072	15394	38930	46952	5587	7680	11071	5606	11485	12161	5311

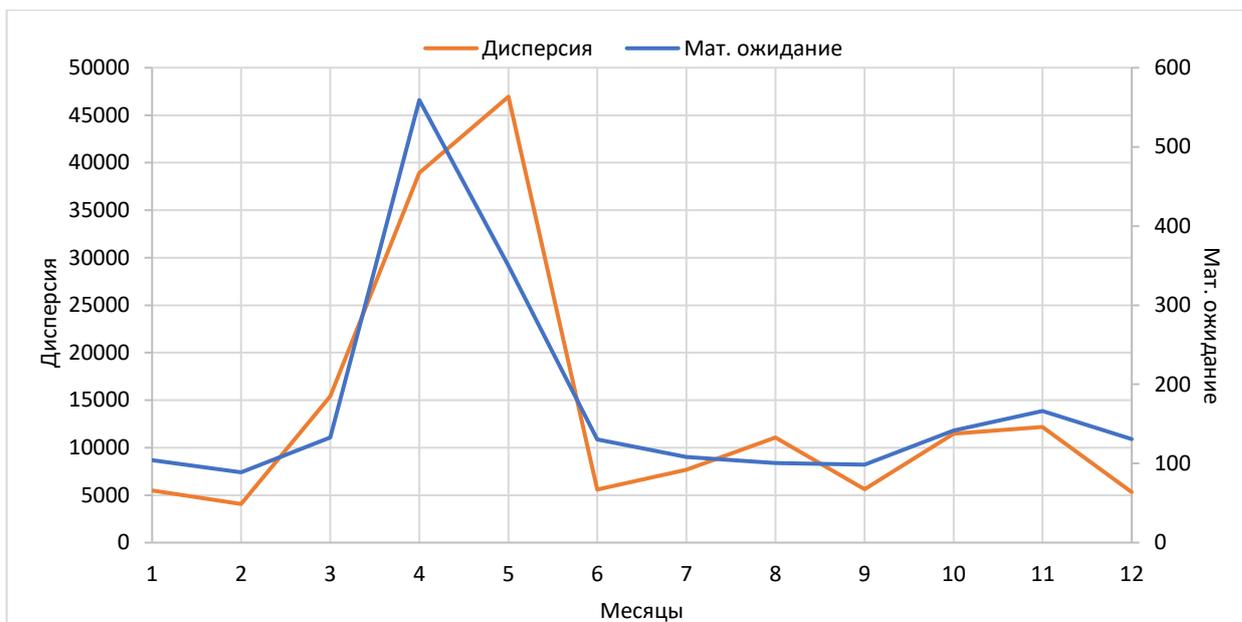


Рисунок 3.6 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода расходов воды р. Мста – д. Девкино

Таблица 3.2 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода расходов воды р. Ловать – г. Холм

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	64,2	57,8	108	400	169	70,7	49,5	56,8	57,5	82,8	95,3	82,7
$D(t)$	3146	3740	9474	24776	11868	5717	2547	14188	4890	7390	5187	2909

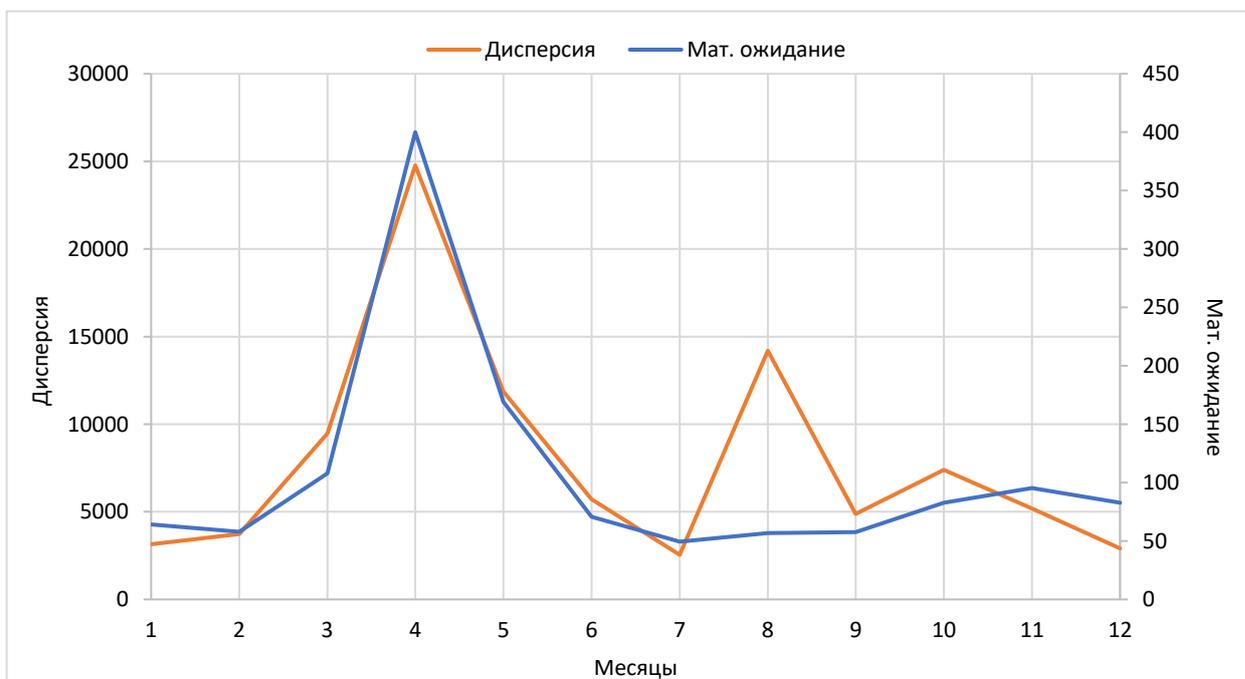


Рисунок 3.7 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода расходов воды р. Ловать – г. Холм

Таблица 3.3 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии
внутригодового хода расходов воды р. Шелонь – д. Заполье

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	24,6	27,8	48,1	207	66,1	26,7	17,6	22,6	24,1	34,2	44,6	35,8
$D(t)$	836	2417	1869	9243	3195	904	572	4774	1341	2126	1611	1068

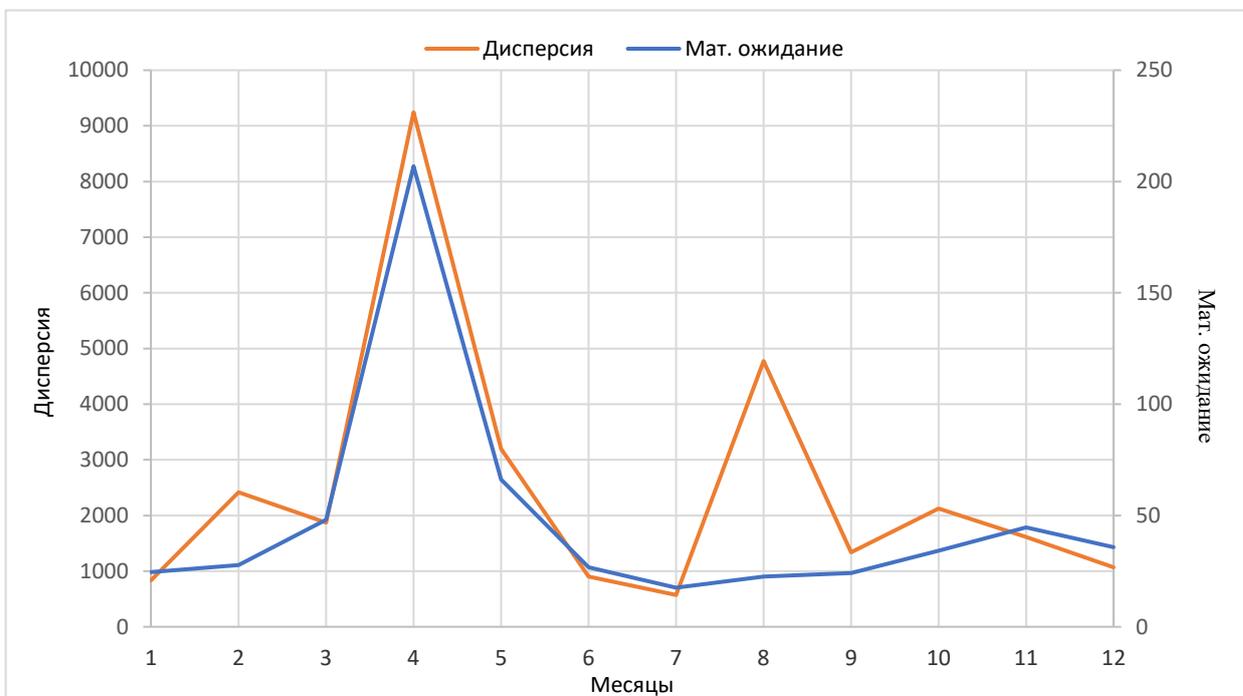


Рисунок 3.8 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии
внутригодового хода расходов воды р. Шелонь – д. Заполье

Таблица 3.4 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии
внутригодового хода расходов воды р. Волхов – г. Новгород

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	391	356	388	997	1211	858	594	423	353	369	427	398
$D(t)$	32048	30283	73182	100084	109840	70978	41781	43641	44584	74654	68432	36214

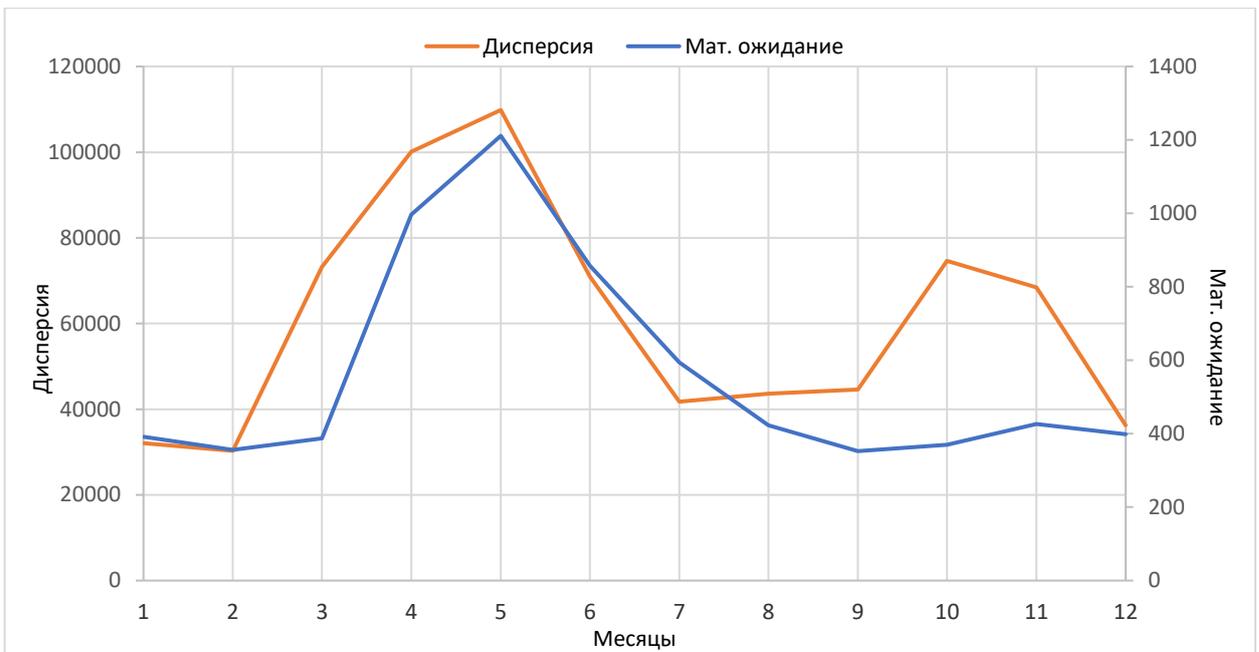


Рисунок 3.9 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода расходов воды р. Волхов – г. Новгород

Таблица 3.5 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	315	297	296	432	515	439	357	301	268	264	290	312
$D(t)$	8029	7531	10406	9768	5043	4719	4406	4240	5568	6252	8001	8747

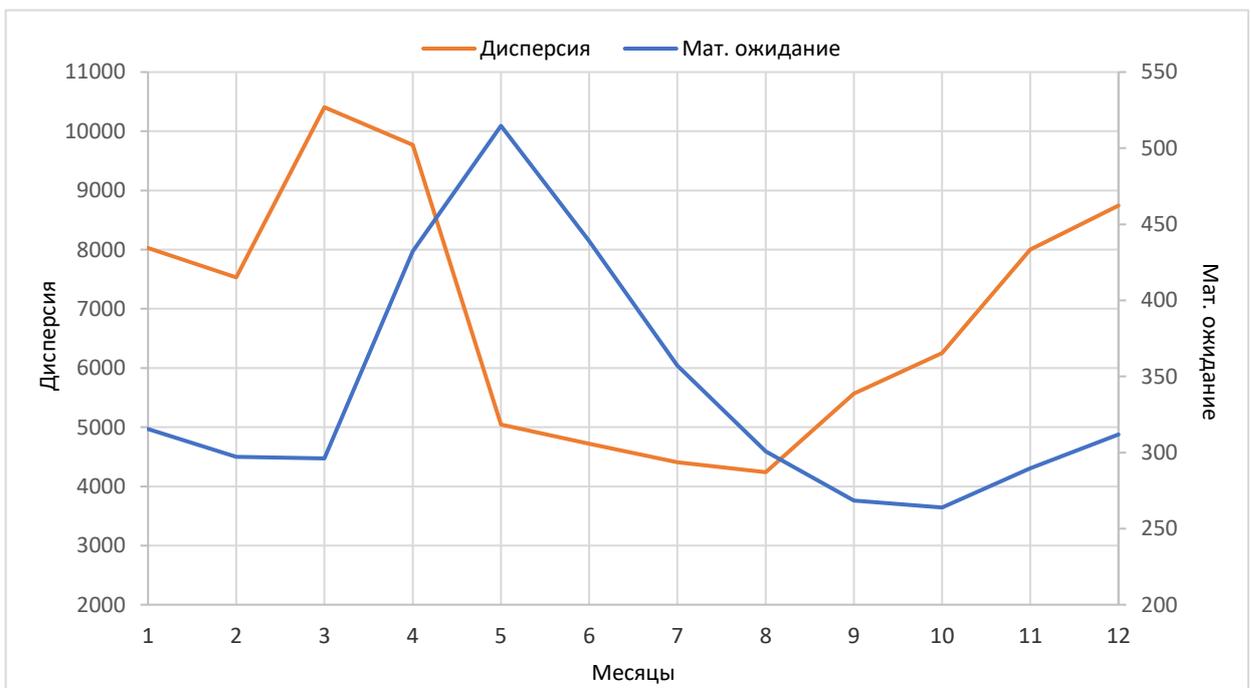


Рисунок 3.10 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы

Графики оценок математического ожидания $m^*(t)$ и дисперсии $D^*(t)$ внутригодового хода расходов воды р. Мста– д. Девкино имеют ярко выраженные максимумы. Максимумы оценки математического ожидания $m^*(t)$ наблюдаются в апреле, октябре - ноябре; максимумы дисперсии $D^*(t)$ - в мае, августе, а также октябре - ноябре. Максимальные значения в апреле и мае вызваны половодьем; в августе, октябре и ноябре – дождевыми паводками.

Графики оценок $m^*(t)$ и $D^*(t)$ р. Ловать – г. Холм и р. Шелонь – д. Заполье имеют схожий вид. Максимальные значения математического ожидания наблюдаются в апреле, максимальные значения дисперсии – в августе и ноябре.

Максимальное значение математического ожидания $m^*(t)$ р. Волхов – г. Новгород наблюдается в мае, дисперсии $D^*(t)$ – в октябре и ноябре.

Максимальное значение математического ожидания $m^*(t)$ уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы наблюдается в мае, дисперсии $D^*(t)$ – в марте, с августа наблюдается повышение значений дисперсии.

На рисунках 3.11 – 3.20 представлены графики оценок корреляционных зависимостей внутригодовой и межгодовой изменчивости $K\zeta^*(t, \tau)$.

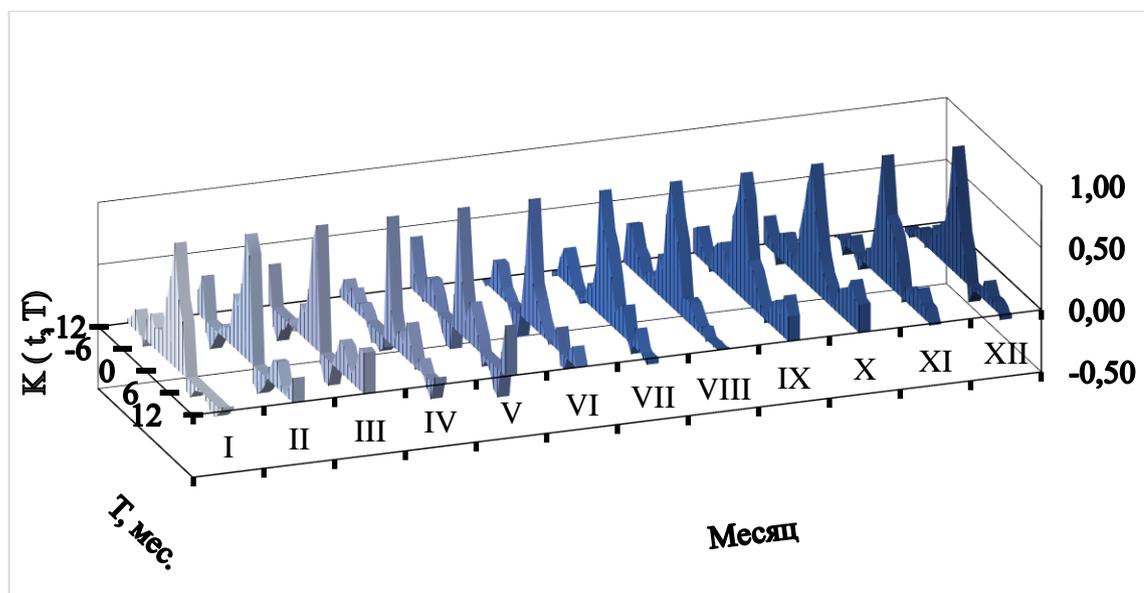


Рисунок 3.11 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1$ мес.) расходов воды р. Мста – д. Девкино

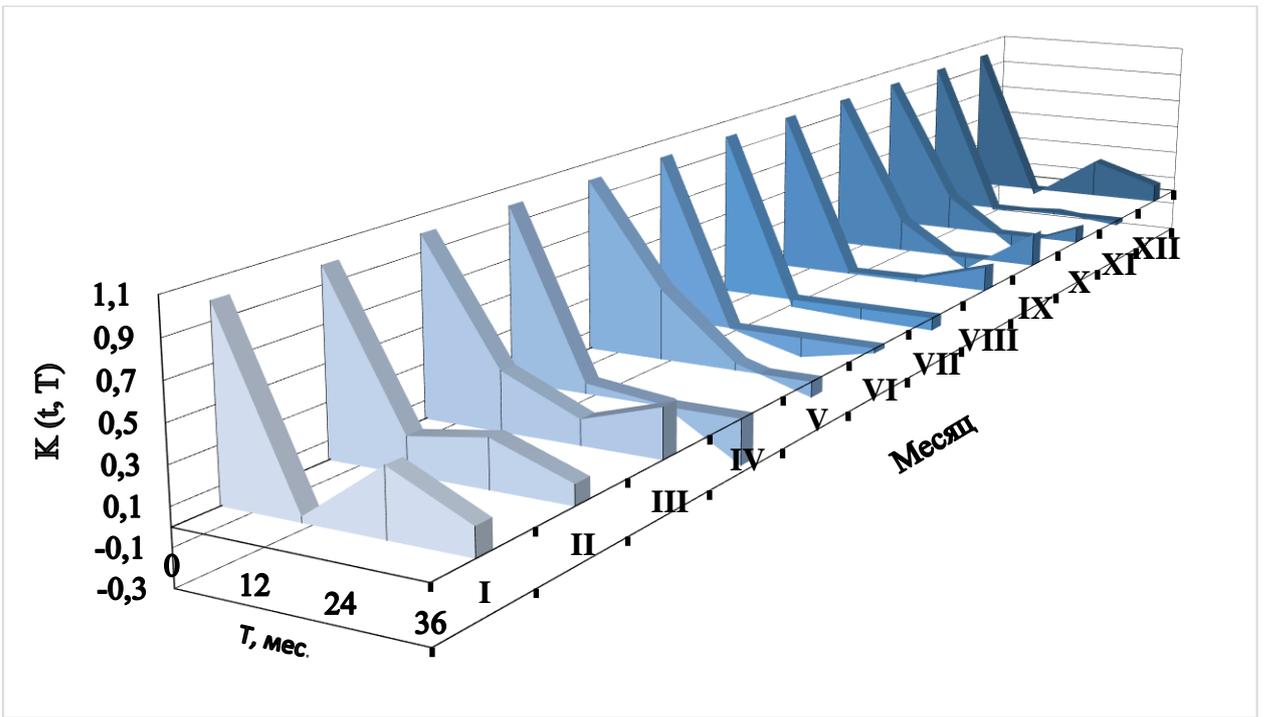


Рисунок 3.12 – Графики оценок межгодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) расходов воды р. Мста – д. Девкино

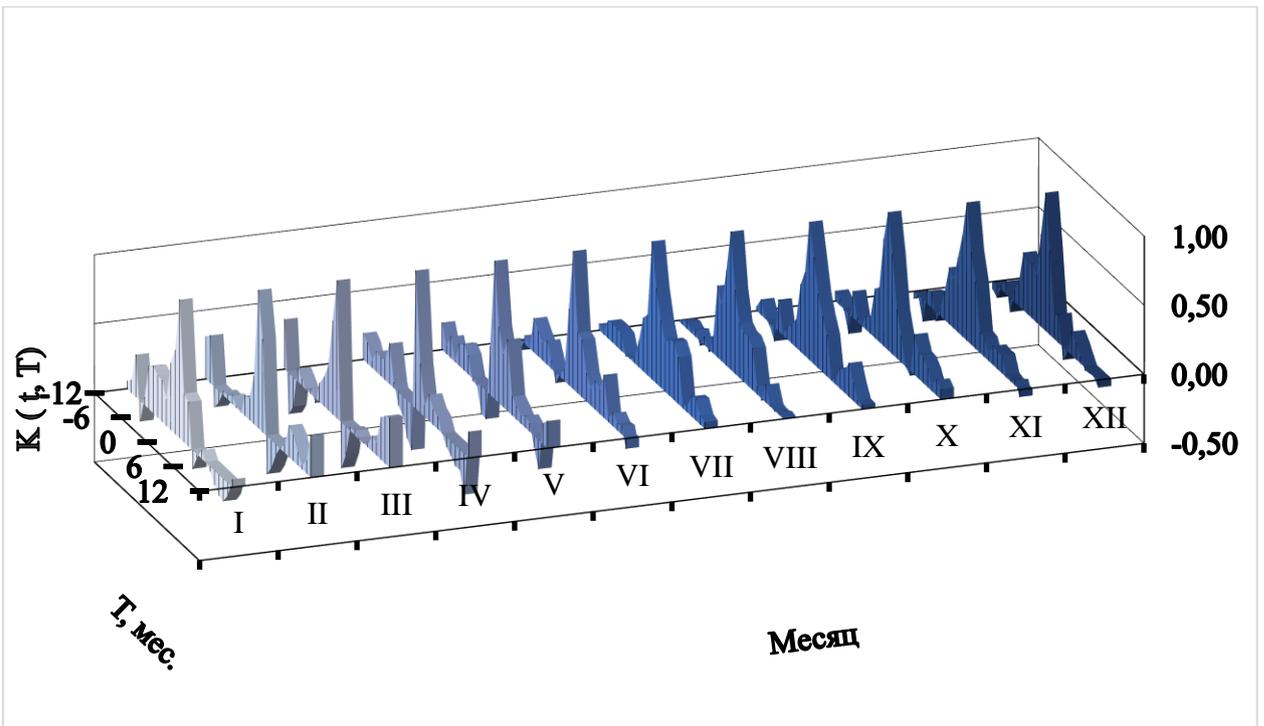


Рисунок 3.13 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ мес.}$) расходов воды р. Ловать – г. Холм

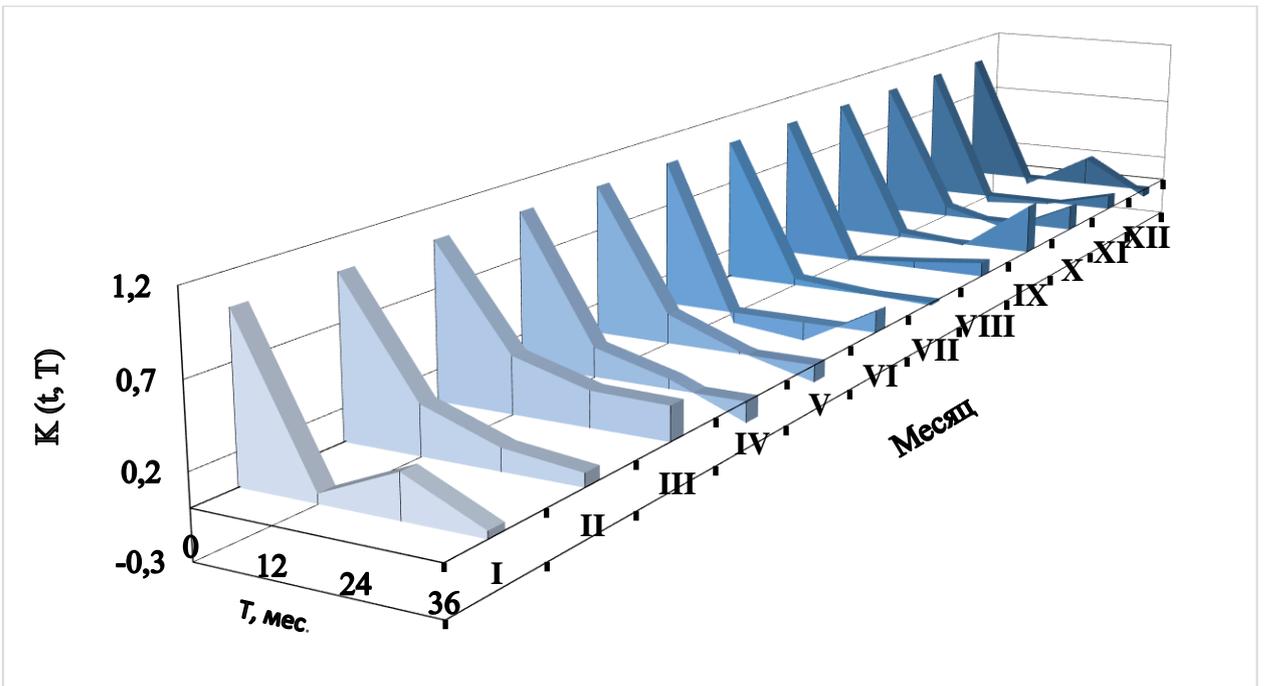


Рисунок 3.14 – Графики оценок межгодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) расходов воды р. Ловать – г. Холм

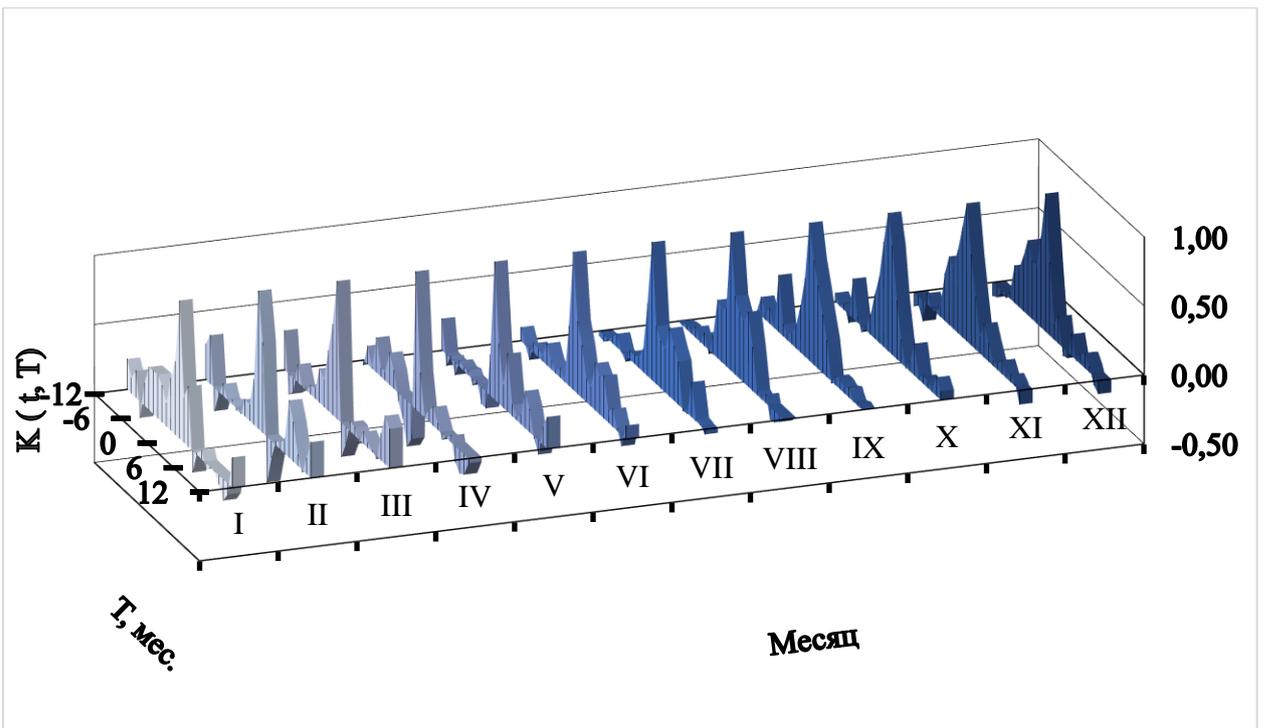


Рисунок 3.15 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ мес.}$) расходов воды р. Шелонь – д. Заполье

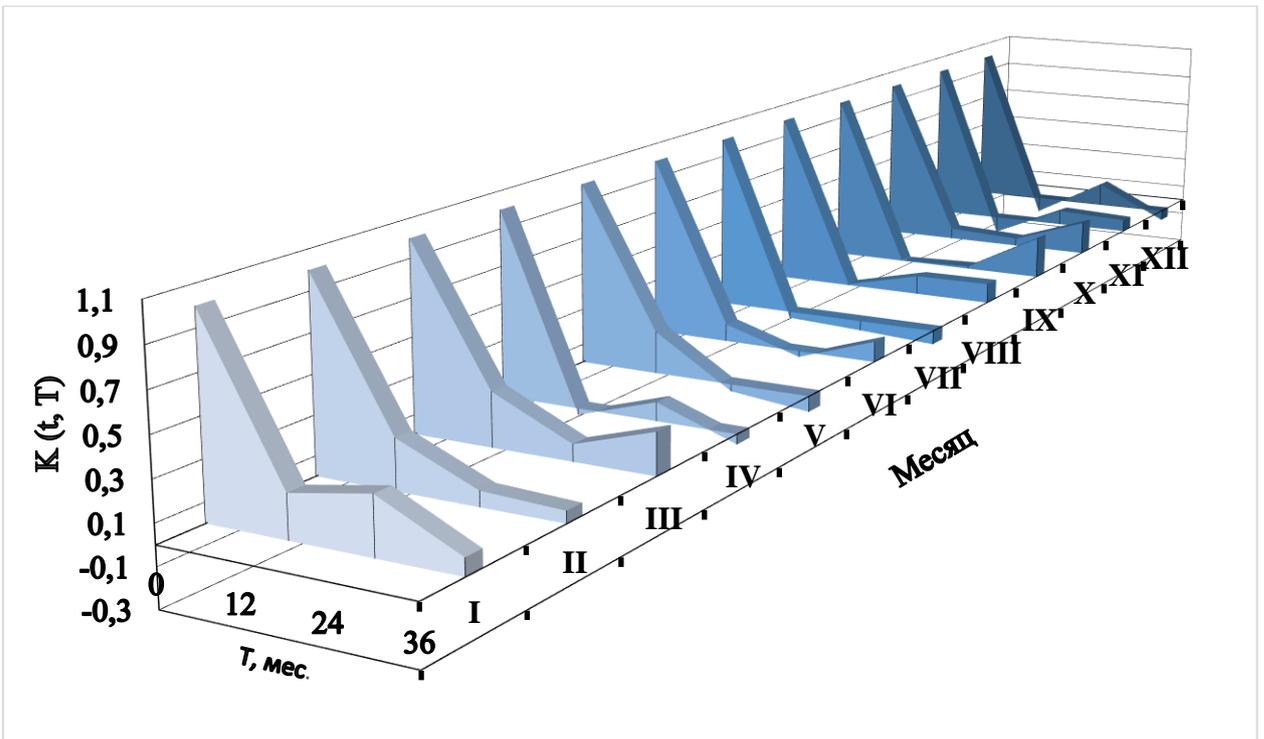


Рисунок 3.16 – Графики оценок межгодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) расходов воды р. Шелонь – д. Заполье

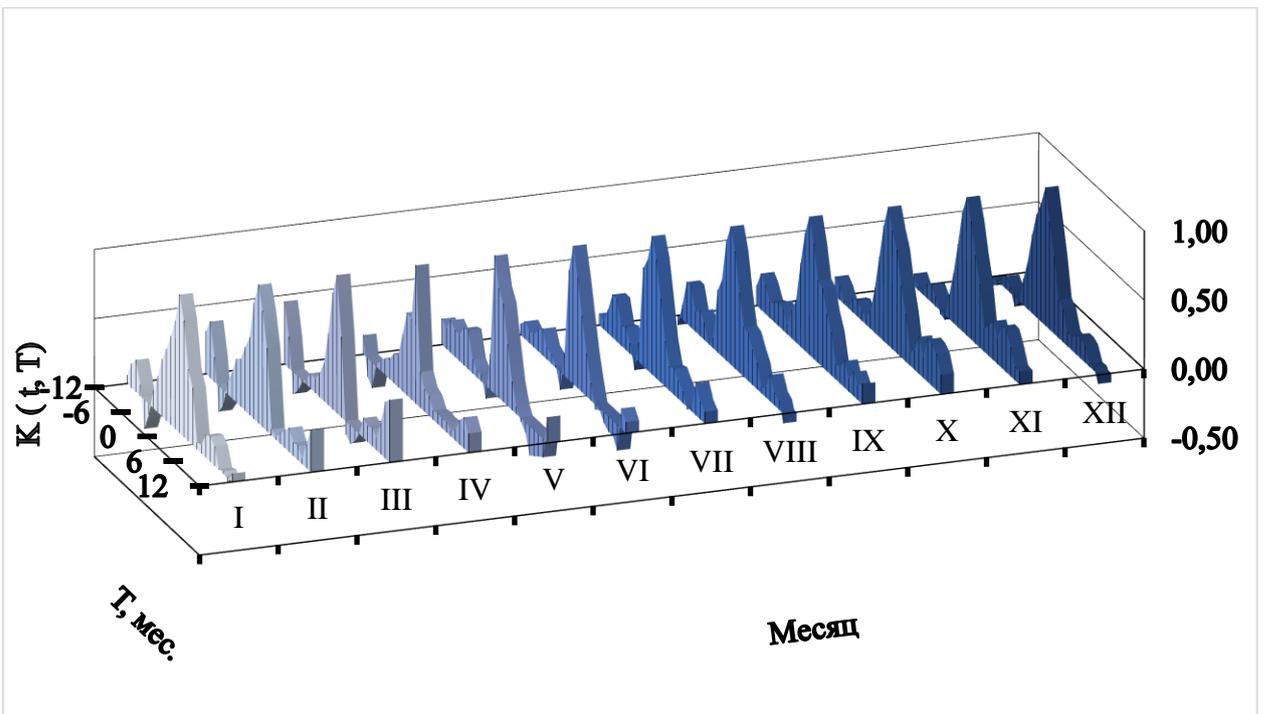


Рисунок 3.17 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ мес.}$) расходов воды р. Волхов – г. Новгород

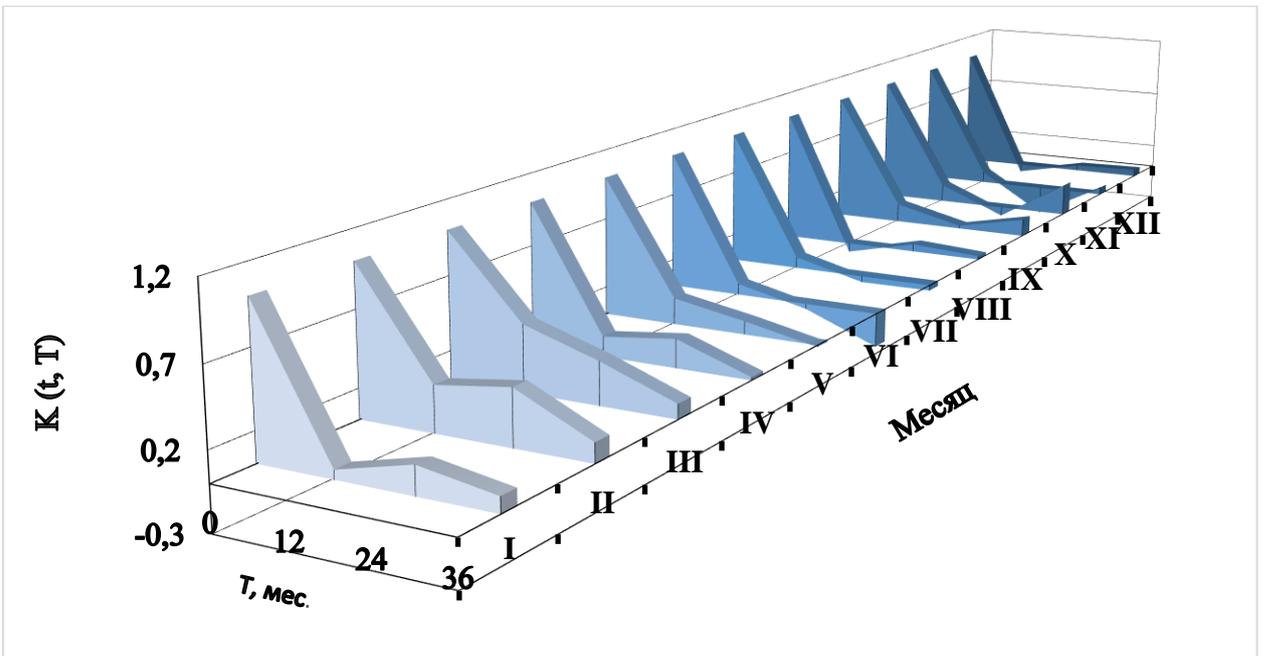


Рисунок 3.18 – Графики оценок межгодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) расходов воды р. Волхов – г. Новгород

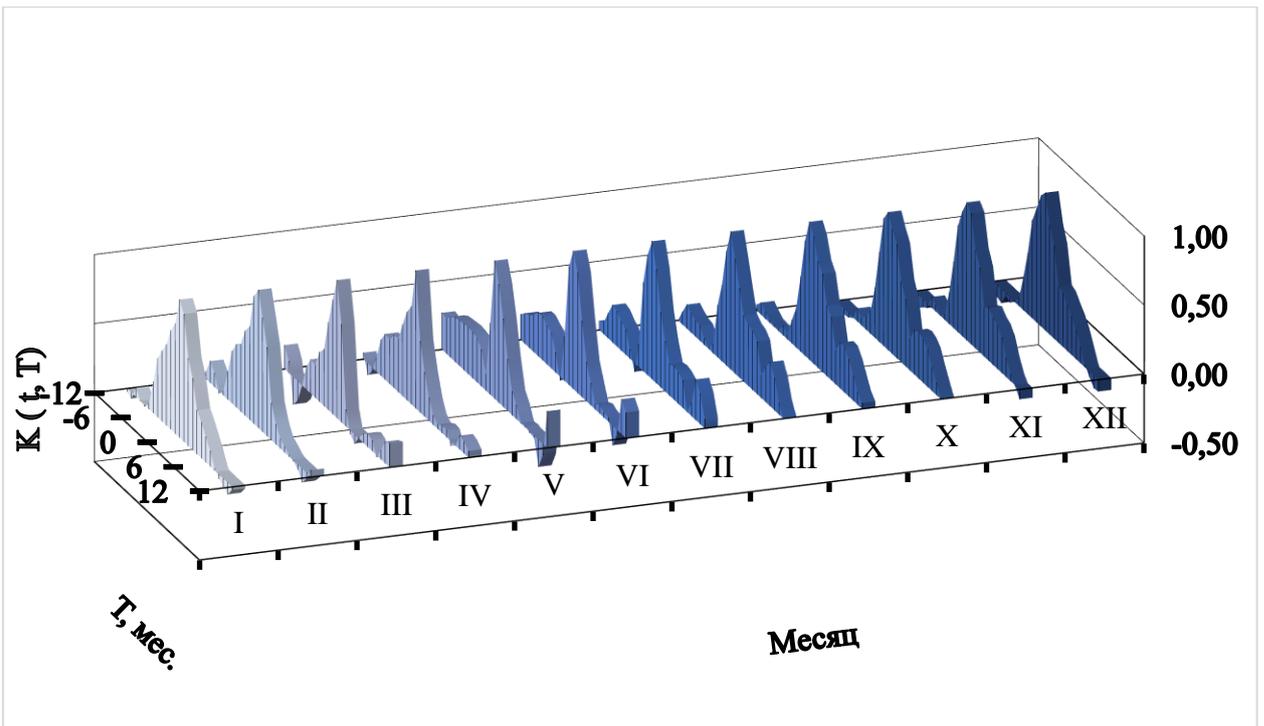


Рисунок 3.19 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ мес.}$) уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы

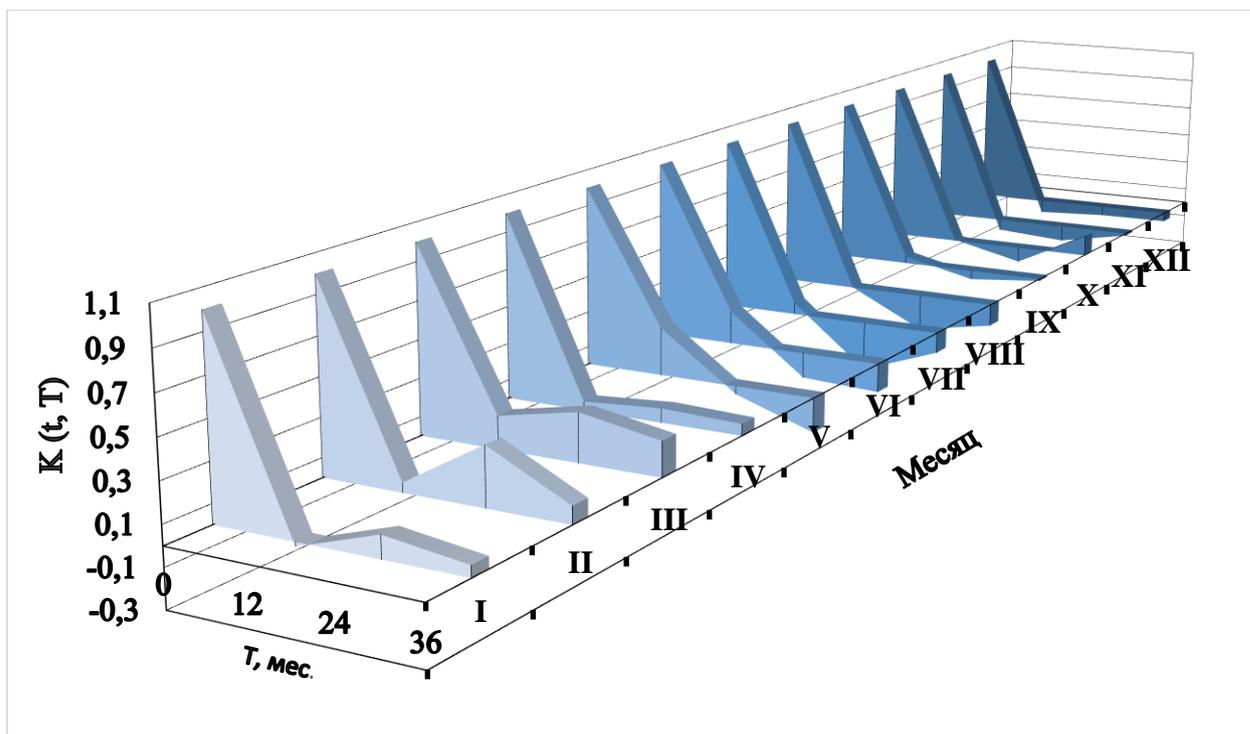


Рисунок 3.20 – Графики оценок межгодовой коррелированности

$K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы

Значения параметров $AR(1)$ (ϕI), описывающих корреляционные зависимости внутригодовой изменчивости приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Значения параметров авторегрессии внутригодовых колебаний осадков, расход и уровней воды

Река – пост	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
м/с Старая Русса (осадки)	0,03	0,29	0,03	-0,05	0,27	-0,11	0,19	-0,09	-0,10	0,16	-0,02	0,11
р. Мста – д. Девкино	0,57	0,86	-0,08	0,27	0,43	0,35	0,71	0,74	0,82	0,65	0,55	0,70
р. Ловать – г. Холм	0,35	0,68	-0,33	0,35	0,55	0,44	0,69	0,60	0,77	0,73	0,67	0,61
р. Шелонь – д. Заполье	0,33	0,66	-0,24	0,29	0,43	0,53	0,42	0,57	0,76	0,79	0,66	0,53
р. Волхов – г. Новгород	0,92	0,83	0,71	0,52	0,86	0,87	0,83	0,83	0,92	0,91	0,95	0,80
оз.Ильмень – д. Войцы	0,84	0,84	0,58	0,26	0,79	0,80	0,86	0,85	0,83	0,86	0,85	0,78

Высокая внутригодовая коррелированность (параметр авторегрессии больше 0,6) характерна для месяцев, когда реки (Мста, Ловать, Шелонь) находятся на грунтовом питании. Для р. Волхов характерны значимые коэффициенты корреляции для всех месяцев года, кроме месяца весеннего

половодья – апреля. Это связано с регулирующим действием озера Ильмень, для которого также характерны высокие коэффициенты для всех месяцев года, кроме марта и апреля.

Наличие в структуре временных рядов расходов воды реки Волхов и уровней озера Ильмень долгопериодного колебания приводит к необходимости его удаления для оценки вероятностных характеристик собственно внутригодового хода. Результаты высокочастотной фильтрации приведены на рисунках 3.21 – 3.22. Графики оценок вероятностных характеристик ПКСП после фильтрации, приведены на рисунках 3.20 – 3.24, а их численные значения даны в таблицах 3.7 – 3.8.

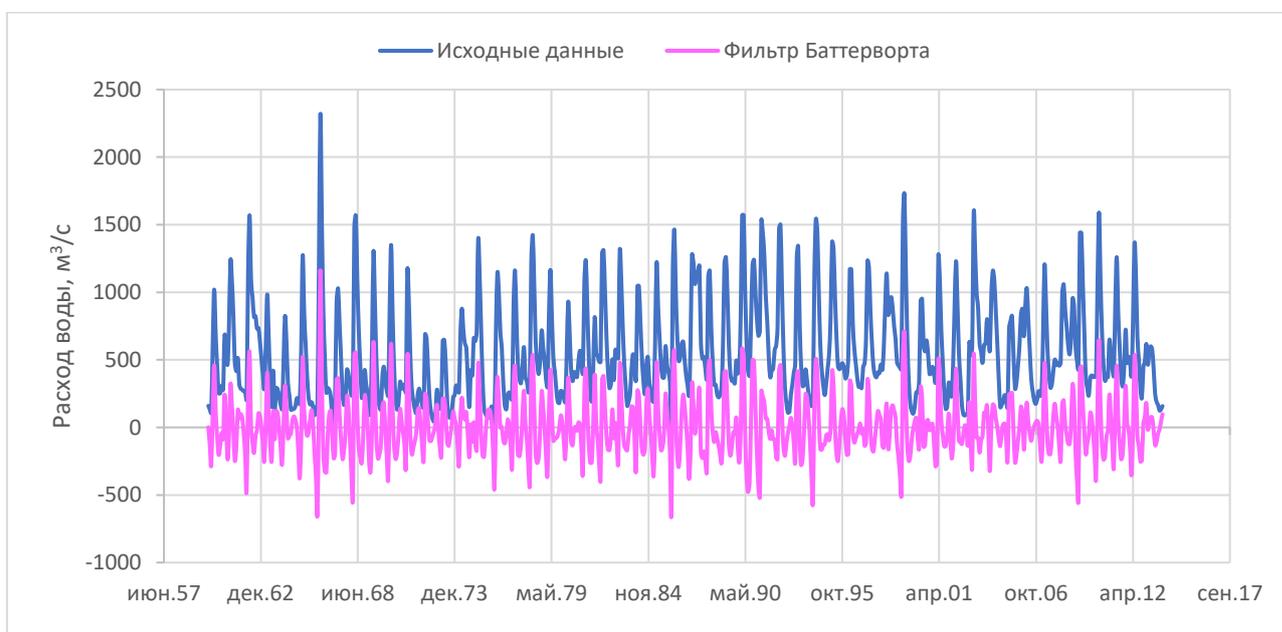


Рисунок 3.21 – Результаты высокочастотной фильтрации Баттерворта среднемесячных расходов воды р. Волхов – г. Новгород

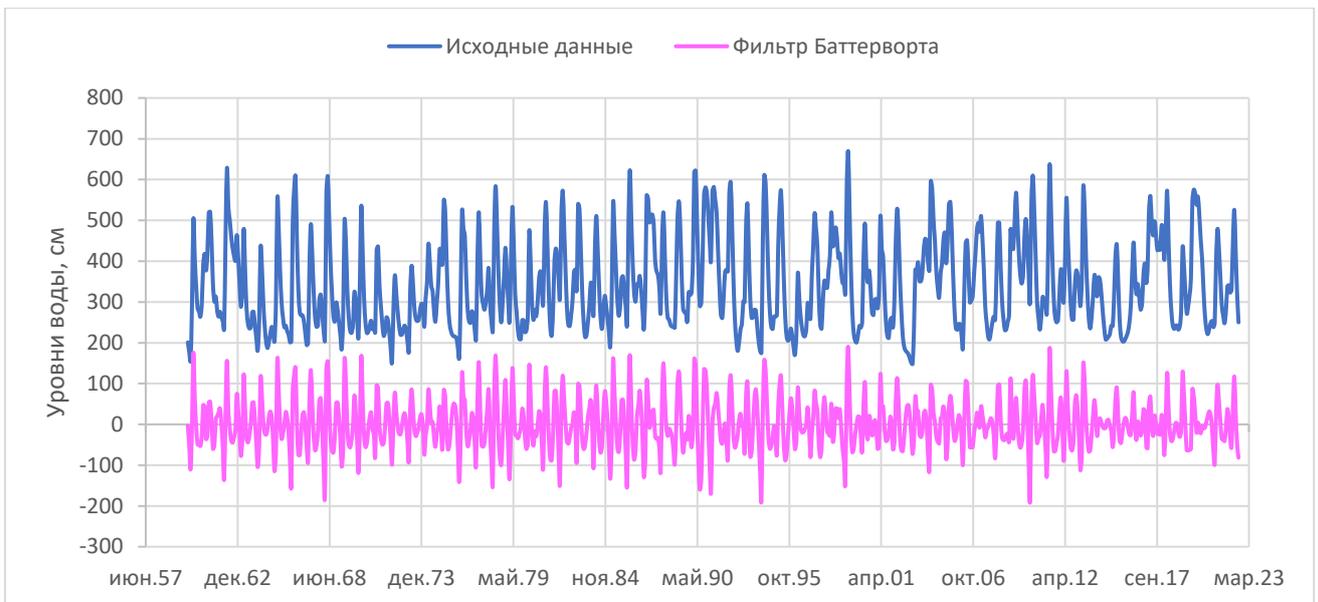


Рисунок 3.22 – Результаты высокочастотной фильтрации Баттерворта
среднемесячных уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы

Таблица 3.7 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии
внутригодового хода расходов воды р. Волхов – г. Новгород после фильтрации

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	-30,0	-186	-266	254	365	69,6	-111	-153	-94,2	-5,45	100	56,5
$D(t)$	10755	8906	48209	33551	38607	18433	8605	11479	10720	13774	17213	10614

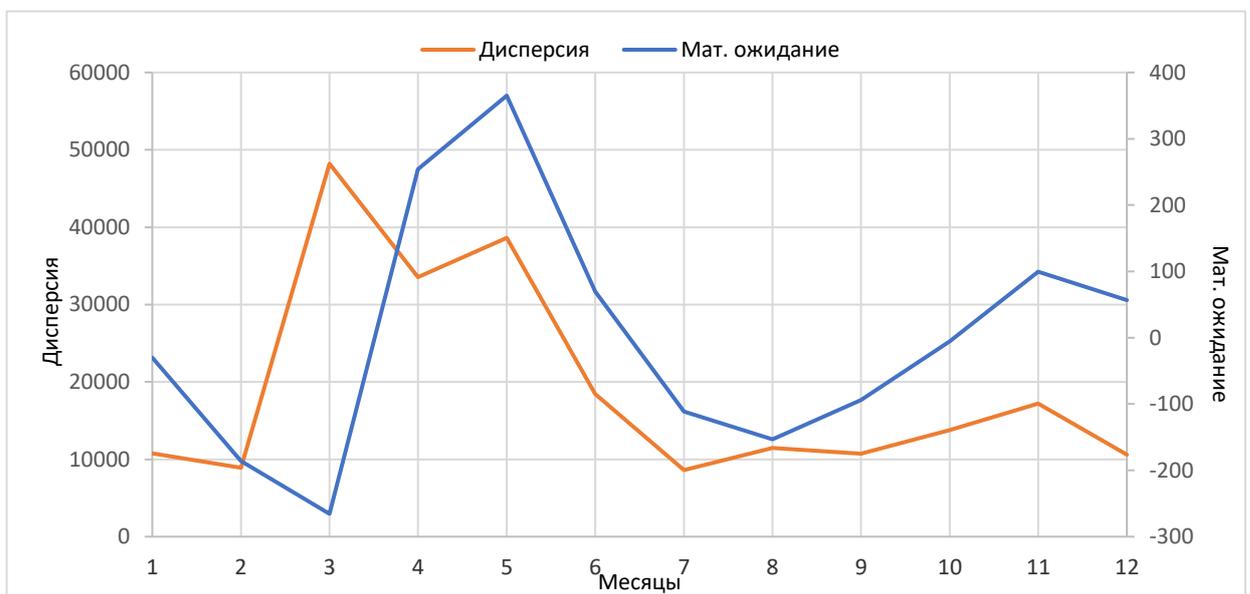


Рисунок 3.23 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии
внутригодового хода расходов воды р. Волхов – г. Новгород
после фильтрации

Таблица 3.8 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы после фильтрации

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	7,41	-44,5	-79,3	32,0	105	38,7	-18,4	-41,3	-35,3	-15,8	18,5	31,7
$D(t)$	1073	986	4126	3309	2069	1658	1264	966	787	1003	1243	1191

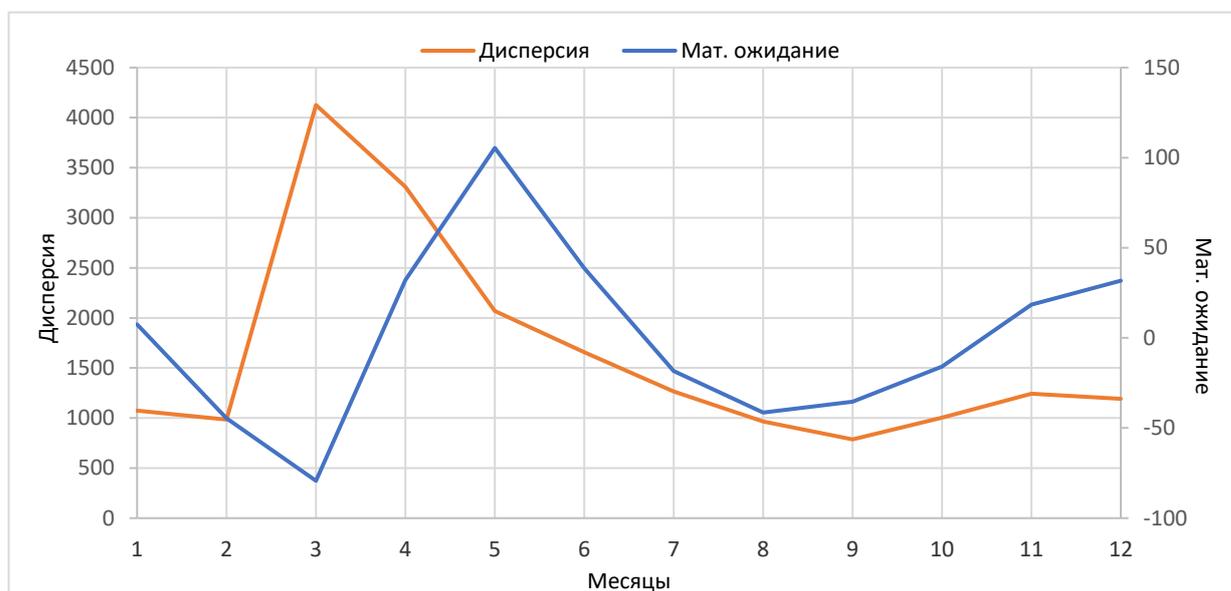


Рисунок 3.24 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы после фильтрации

На реке Волхов форма графика математического ожидания $m^*(t)$ после фильтрации изменилась – появился второй максимум в ноябре, также изменился вид графика кривой оценки дисперсии $D^*(t)$ – образовался дополнительный максимум в марте, также существенно уменьшились значения $D^*(t)$. Дисперсия внутригодового хода расходов реки Волхов до фильтрации была существенно завышена за счет наличия в структуре временного ряда долгопериодного колебания.

На озере Ильмень максимумы оценок математического ожидания $m^*(t)$ и дисперсии $D^*(t)$ после фильтрации не сместились, при этом значительно уменьшились значения $D^*(t)$.

На рисунках 3.25 – 3.26 представлены графики оценок корреляционных зависимостей внутригодовой изменчивости $K(t, \tau)$ ($\tau = 1$ мес.) после фильтрации.

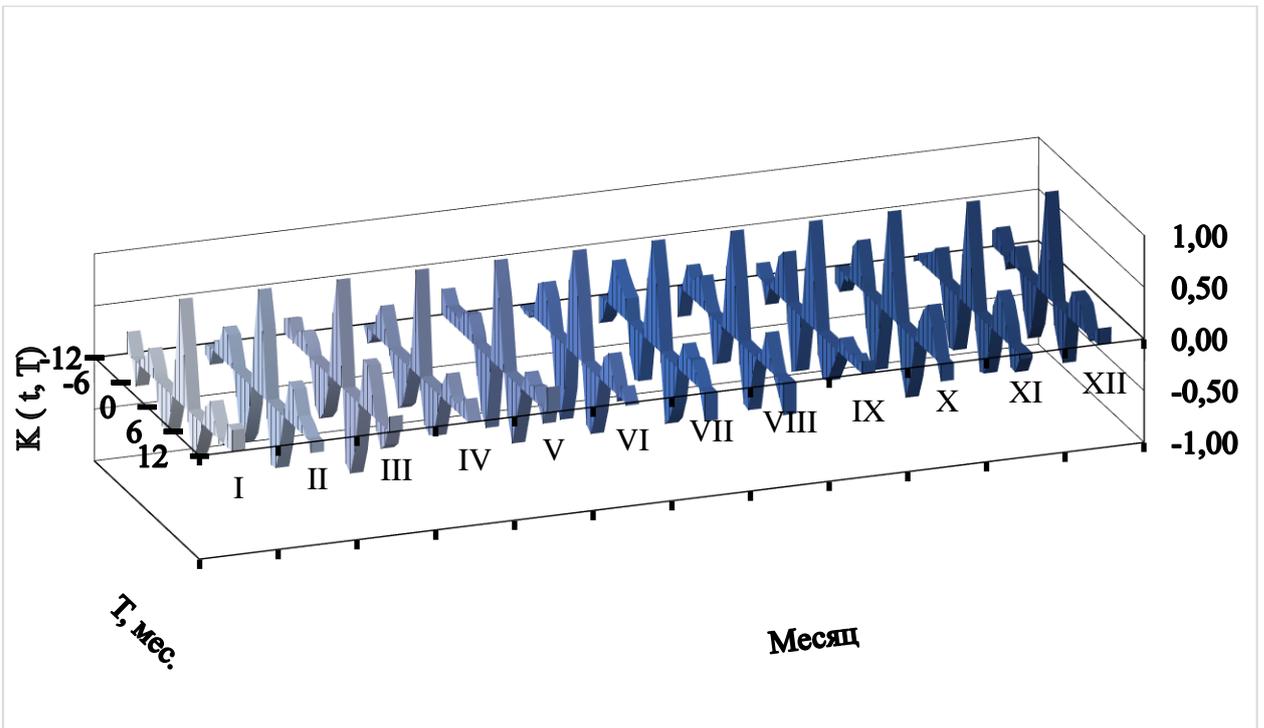


Рисунок 3.25 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1$ мес.) расходов воды р. Волхов – г. Новгород после фильтрации

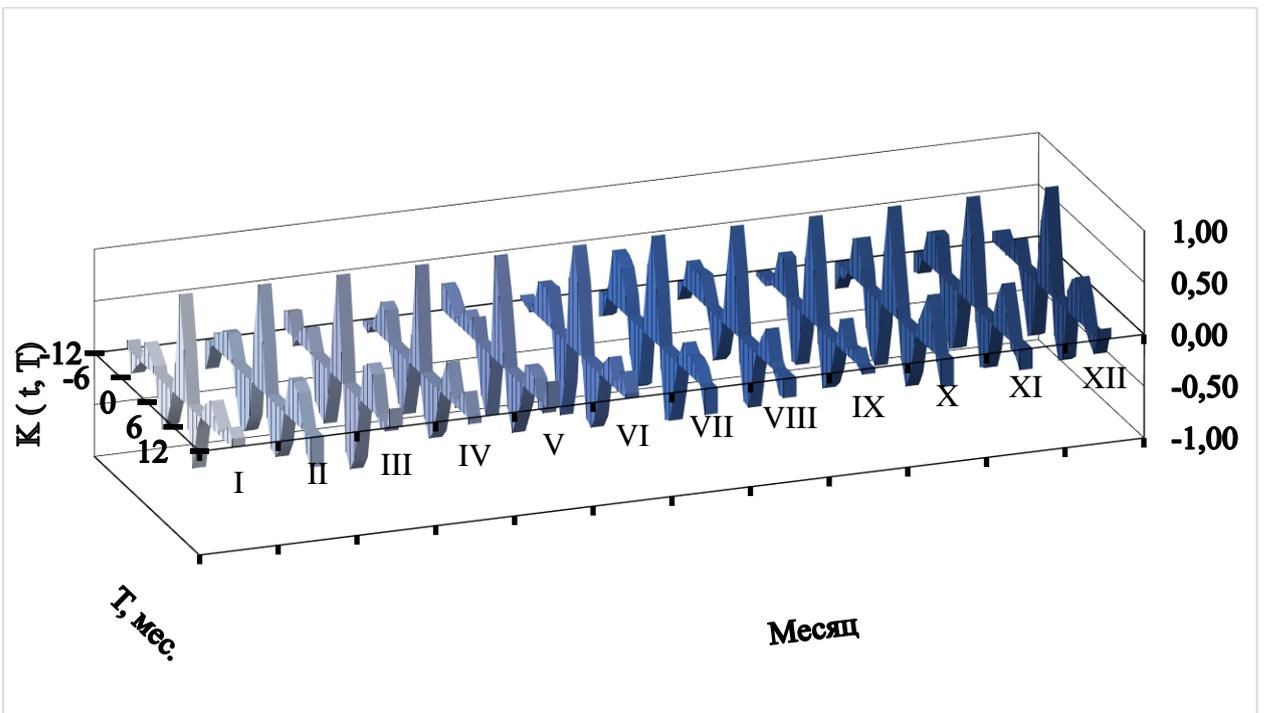


Рисунок 3.26 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1$ мес.) уровней воды оз. Ильмень – д. Войцы после фильтрации

В таблице 3.9 приведены значения параметров $AR(1)$ (φ_1) для реки Волхов и озера Ильмень до и после фильтрации.

Таблица 3.9 – Значения параметров авторегрессии внутригодовых колебаний

	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
<i>до фильтрации</i>												
р. Волхов – г. Новгород	0,84	0,84	0,58	0,26	0,79	0,80	0,86	0,85	0,83	0,86	0,85	0,78
оз. Ильмень – д. Войцы	0,92	0,83	0,71	0,52	0,86	0,87	0,83	0,83	0,92	0,91	0,95	0,80
<i>после фильтрации</i>												
р. Волхов – г. Новгород	0,50	0,64	0,21	-0,12	0,67	0,60	0,62	0,51	0,46	0,45	0,40	0,37
оз. Ильмень – д. Войцы	0,50	0,49	0,29	-0,12	0,65	0,68	0,52	0,56	0,52	0,55	0,64	0,30

Из таблиц 3.4 – 3.5 и 3.7 – 3.8 видно, что средняя многолетняя амплитуда A внутригодового хода расходов воды реки Волхов до фильтрации составляла 859 ± 282 см, после фильтрации значение A уменьшилось до 631 ± 199 см; для озера Ильмень амплитуда до фильтрации составляла $251 \pm 15,8$ см, после фильтрации – $185 \pm 57,8$ см.

После удаления долгопериодного колебания коэффициент авторегрессии, описывающий внутригодовую коррелированность, значительно уменьшился.

4 Климатическая характеристика региона исследований

4.1 Многолетняя изменчивость метеорологических показателей

В работе использовались данные наблюдений за температурой воздуха и количества атмосферных осадков на метеостанциях Старая Русса, Белогорка, Бологое и Тихвин. По данным наблюдений за температурой воздуха использовался период с 1945 по 2022 гг. (78 лет), за осадками – с 1967 по 2022 гг. (56 лет) (приложение 2). База данных была сформирована преимущественно с использованием Метеорологических ежемесячников, а также Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации – Мировым центром данных (meteo.ru).

Хронологические графики средних месячных значений температуры воздуха и осадков с нанесением графиков линейных трендов изображены на рисунках 4.1 – 4.8.

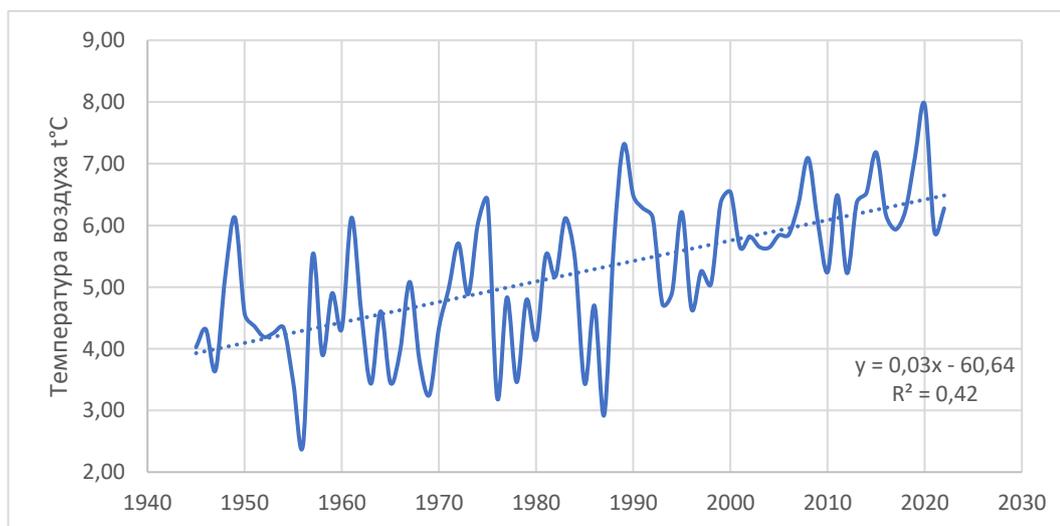


Рисунок 4.1 – Графики линейного тренда среднегодовой температуры воздуха по метеостанции Старая Русса

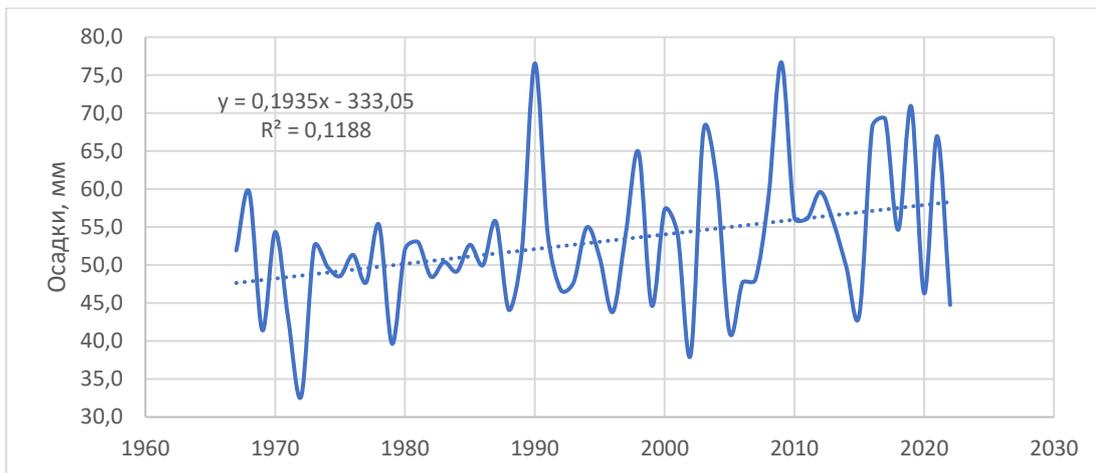


Рисунок 4.2 – Графики линейного тренда среднегодовых значений количества осадков по метеостанции Старая Русса

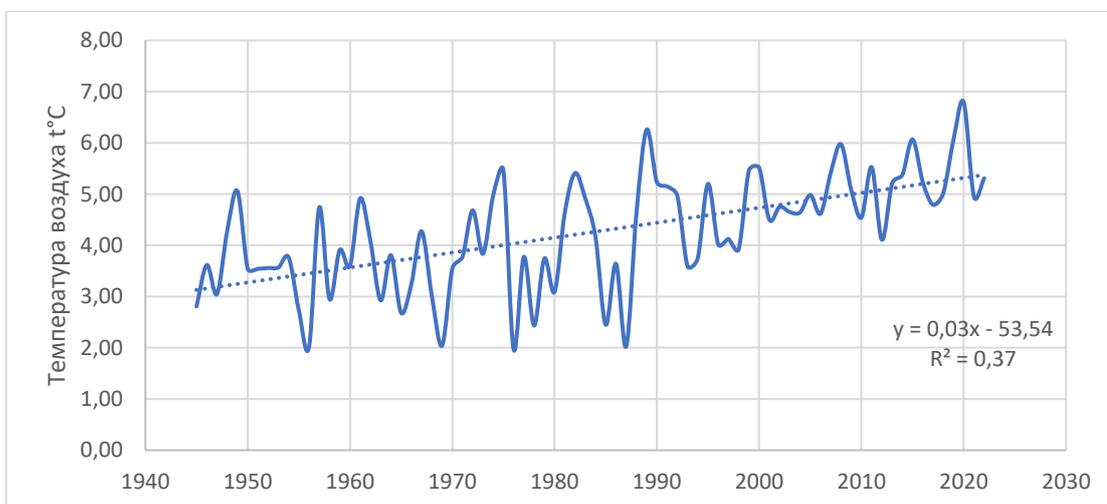


Рисунок 4.3 – Графики линейного тренда среднегодовой температуры воздуха по метеостанции Бологое

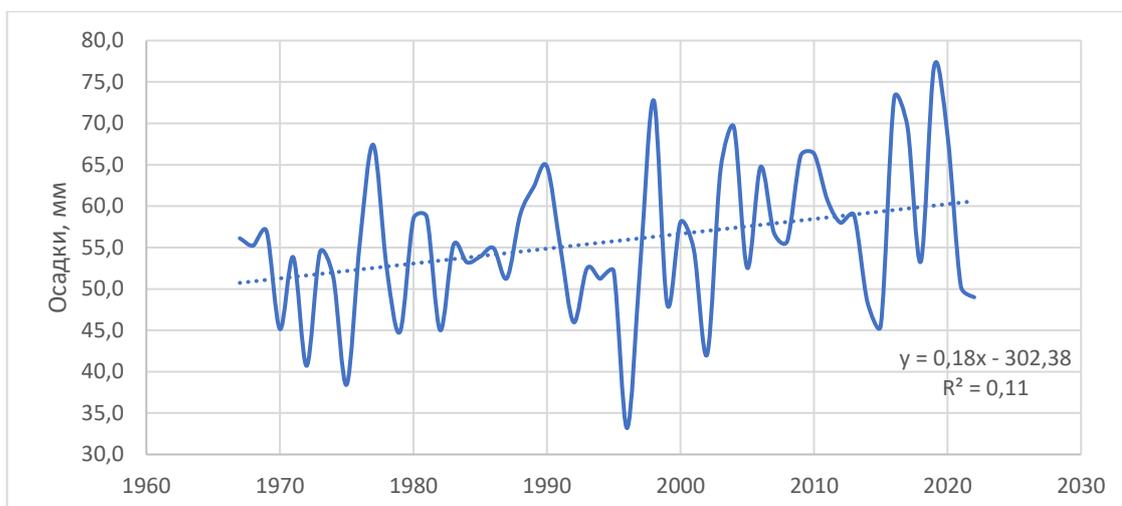


Рисунок 4.4 – Графики линейного тренда среднегодовых значений количества осадков по метеостанции Бологое

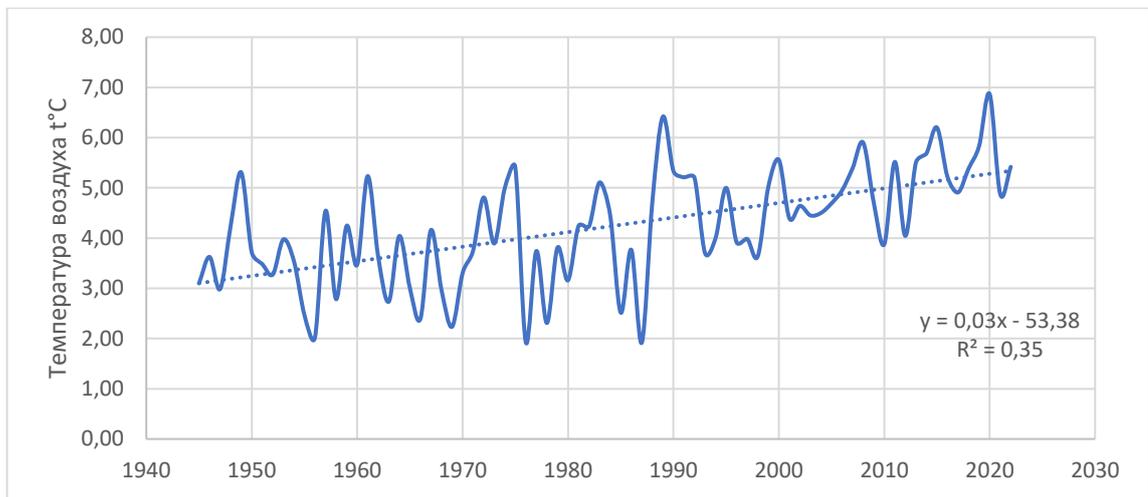


Рисунок 4.5 – Графики линейного тренда среднегодовой температуры воздуха по метеостанции Белогорка

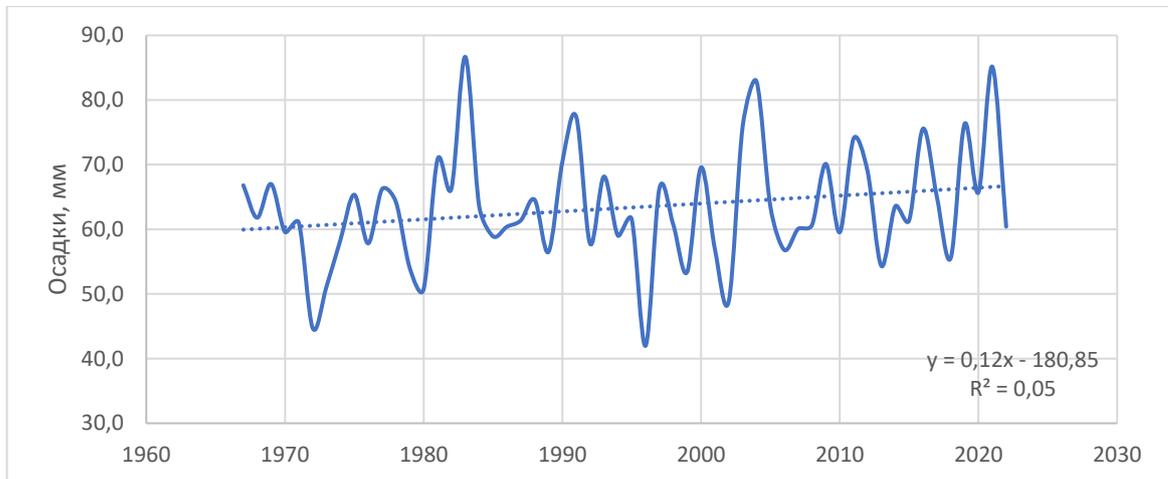


Рисунок 4.6 – Графики линейного тренда среднегодовых значений количества осадков по метеостанции Белогорка

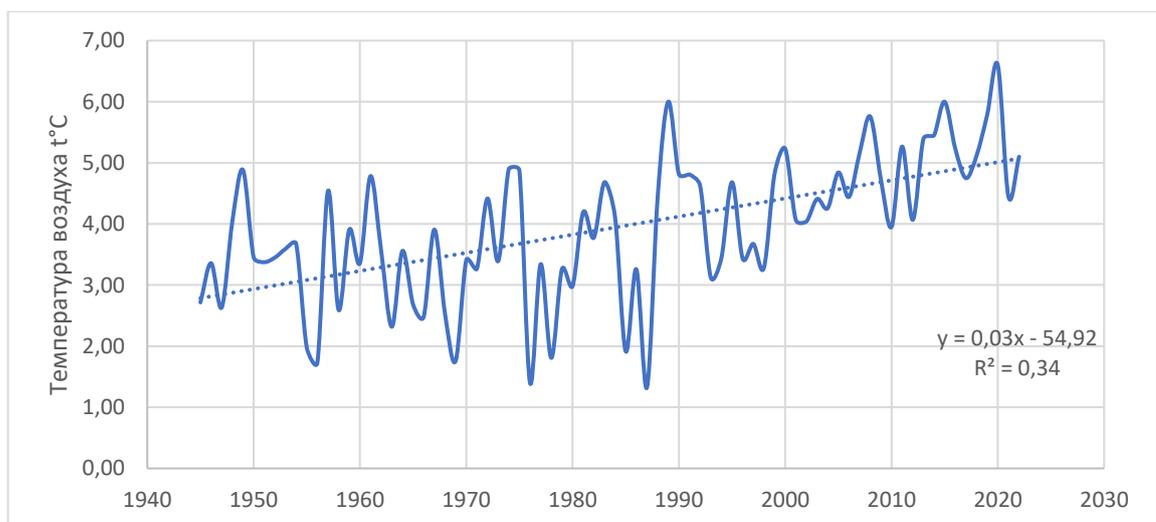


Рисунок 4.7 – Графики линейного тренда среднегодовой температуры воздуха по метеостанции Тихвин

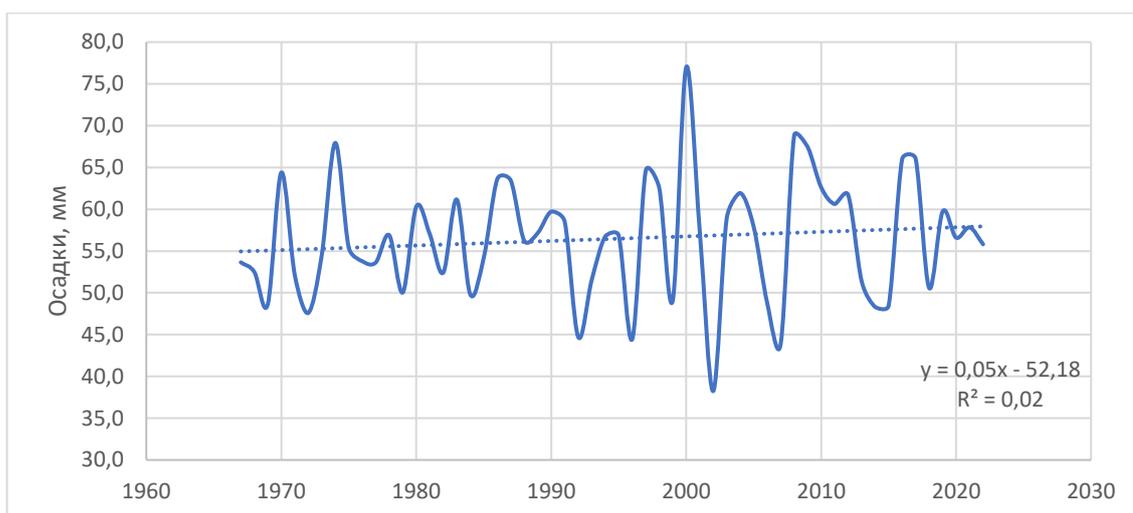


Рисунок 4.8 – Графики линейного тренда среднегодовых значений количества осадков по метеостанции Тихвин

Оценки значимости линейных трендов температуры воздуха приведены в таблице 4.1, осадков – в таблице 4.2.

Таблица 4.1 – Проверка значимости линейных трендов температуры воздуха

Метеостанция	n , лет	R^2	R	σ	R/σ	$t_{2\alpha=5\%}$	Значимость тренда
Старая Русса	78	0,42	0,65	0,09	7,43	1,99	значимый
Бологое	78	0,37	0,61	0,09	6,68	1,99	значимый
Тихвин	78	0,34	0,58	0,09	6,24	1,99	значимый
Белогорка	78	0,35	0,59	0,09	6,37	1,99	значимый

Таблица 4.2 – Проверка значимости линейных трендов количества атмосферных осадков

Метеостанция	n , лет	R^2	R	σ	R/σ	$t_{2\alpha=5\%}$	Значимость тренда
Старая Русса	56	0,12	0,34	0,13	2,70	2,00	значимый
Бологое	56	0,11	0,33	0,13	2,55	2,00	значимый
Тихвин	56	0,02	0,12	0,14	0,91	2,00	не значимый
Белогорка	56	0,05	0,22	0,13	1,66	2,00	не значимый

На всех метеостанциях наблюдается общий тренд на повышение температуры воздуха, по данным за количеством осадков тренд не значим для м/с Тихвин и Белогорка.

Графики средних годовых и экстремальных значений температуры для рассматриваемых станций с нанесенными на них квантильными диаграммами приведены на рис. 4.9 – 4.12. Аналогичная информация для осадков содержится на рис. 4.13 – 4.16. Результаты квантильного анализа многолетней

изменчивости анализируемых процессов также приведены в табл. 4.3. Выполненный анализ позволяет выделить годы с высокими и низкими значениями метеорологических показателей. Годы, для которых значения характеристик выходят за квантиль $X_{0.75}$ считались теплыми и влажными, а годы со значениями метеоданных ниже квантиля $X_{0.25}$ – холодными и сухими. Годы, для которых значения метеорологических показателей выходили за верхнюю и нижнюю границы, т.е. X_{σ} и $X_{-\sigma}$ считались экстремальными.

Таблица 4.3 – Вероятностные характеристики многолетней изменчивости температуры воздуха и количества осадков

м/с		<i>max</i>	<i>min</i>	$X_{0.25}$	$X_{0.5}$	$X_{0.75}$	<i>R</i>	<i>Q</i>	<i>T</i>	X_{σ}	$X_{-\sigma}$	<i>m</i>	σ	$0.74Q$
Старая Русса	Темп.	7,96	2,43	4,34	5,23	6,13	5,53	1,78	5,23	7,02	1,67	5,21	1,16	1,32
	Ос.	76,7	32,7	47,7	52,0	56,2	44,0	8,47	52,0	60,4	35,0	53,0	9,16	6,27
Бологое	Темп.	6,79	1,97	3,57	4,28	5,06	4,83	1,49	4,30	5,80	1,33	4,25	1,09	1,10
	Ос.	33,2	33,2	51,3	55,0	59,9	0,00	8,60	55,3	64,2	38,4	55,7	8,92	6,36
Тихвин	Темп.	6,60	1,33	3,28	4,00	4,81	5,28	1,53	4,02	5,57	1,00	3,93	1,16	1,13
	Ос.	77,0	38,2	51,5	56,8	61,4	38,8	9,97	56,6	66,4	36,5	56,5	7,23	7,38
Белогорка	Темп.	6,87	1,92	3,54	4,24	5,11	4,95	1,57	4,28	5,89	1,19	4,22	1,12	1,16
	Ос.	86,7	42,0	58,1	61,7	67,6	44,7	9,50	62,3	72,3	43,8	63,3	9,04	7,03

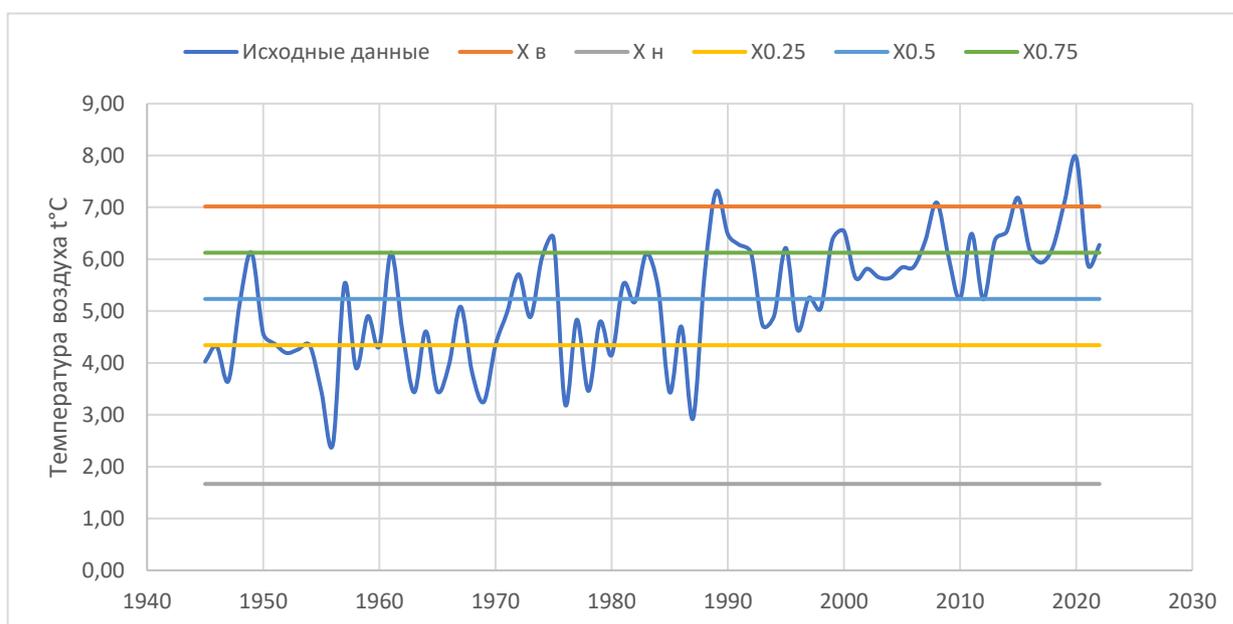


Рисунок 4.9 – Квантильная диаграмма средних годовых значений температуры воздуха по метеостанции Старая Русса

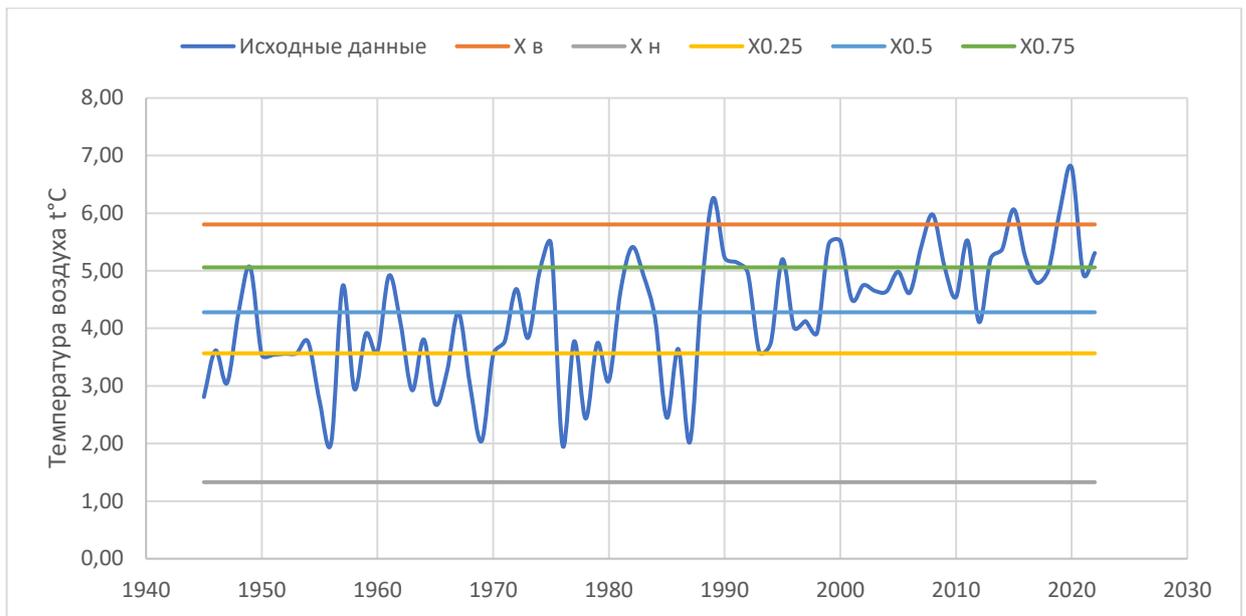


Рисунок 4.10 – Квантильная диаграмма средних годовых значений температуры воздуха по метеостанции Бологое

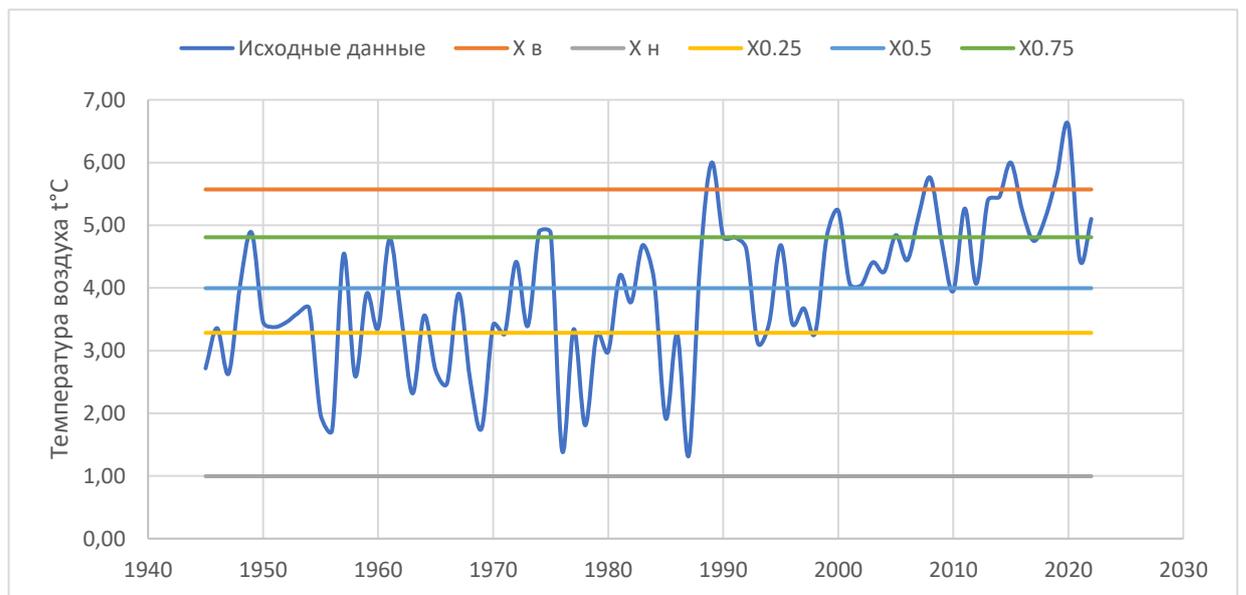


Рисунок 4.11 – Квантильная диаграмма средних годовых значений температуры воздуха по метеостанции Тихвин

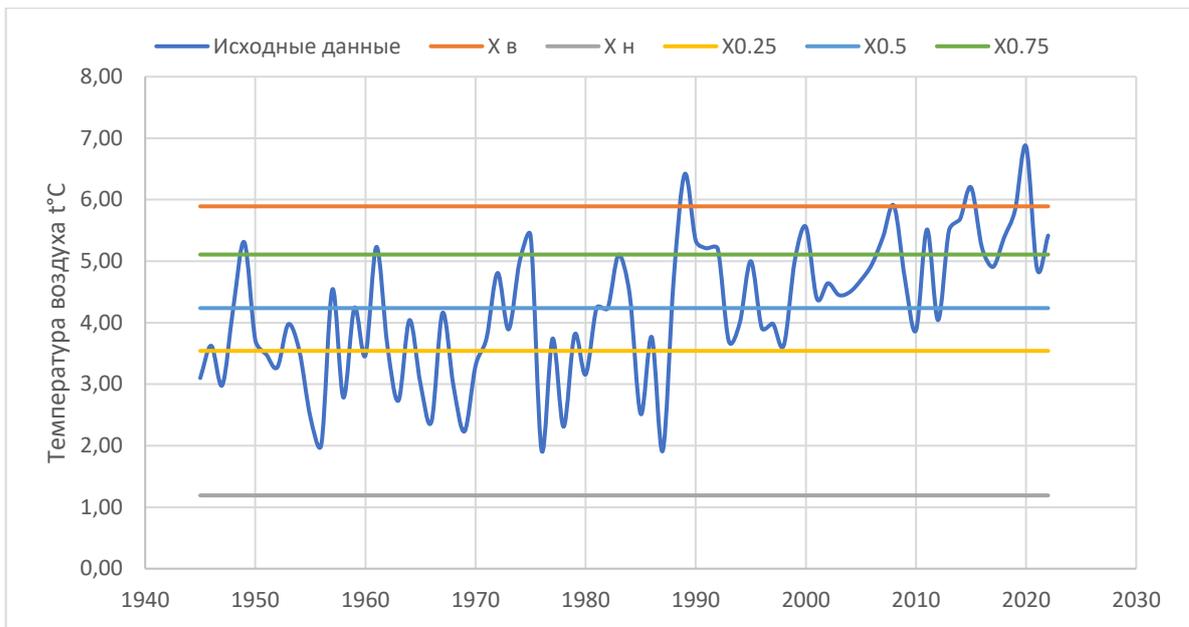


Рисунок 4.12 – Квантильная диаграмма средних годовых значений температуры воздуха по метеостанции Белогорка

Как показал квантильный анализ, на всех четырех станциях не встречаются годы с экстремально низкими значениями температуры воздуха, а годы с экстремально высокими значениями совпадают на всех станциях (1989, 2008, 2015, 2020 гг.).

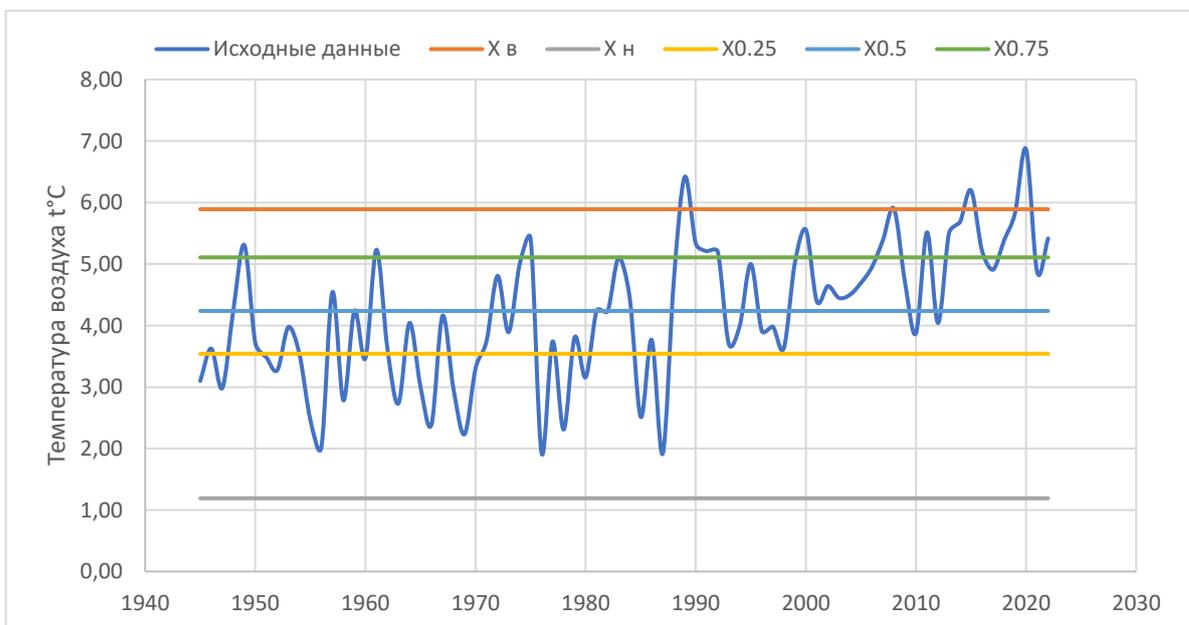


Рисунок 4.13 – Квантильная диаграмма средних годовых значений атмосферных осадков по метеостанции Старая Русса

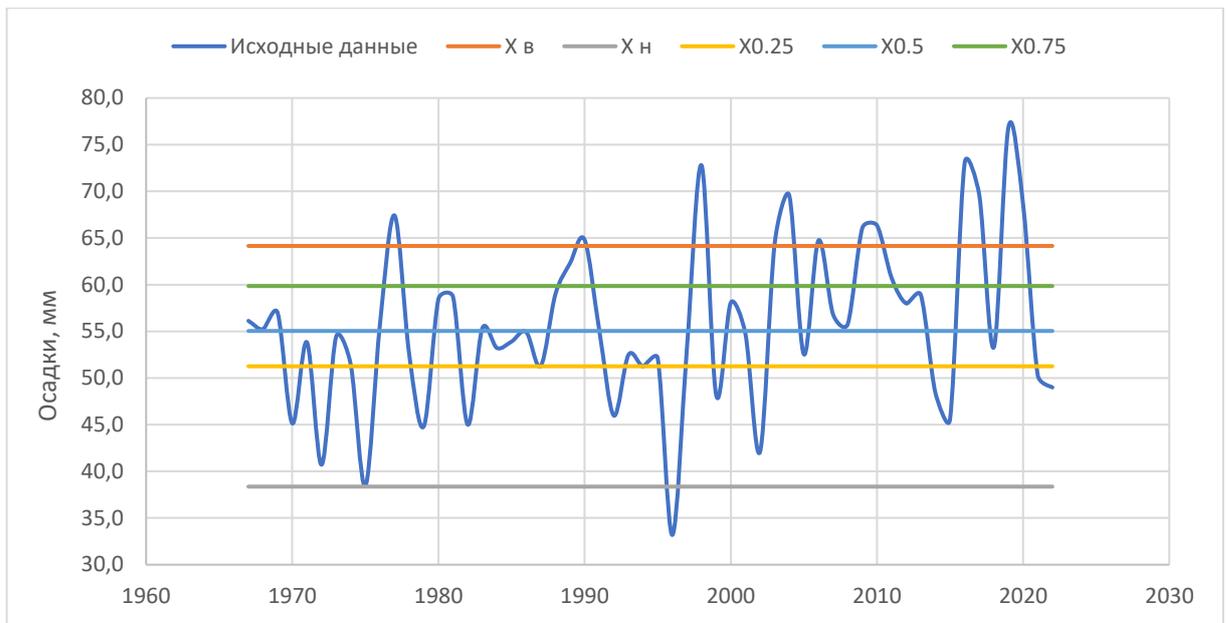


Рисунок 4.14 – Квантильная диаграмма средних годовых значений атмосферных осадков по метеостанции Бологое

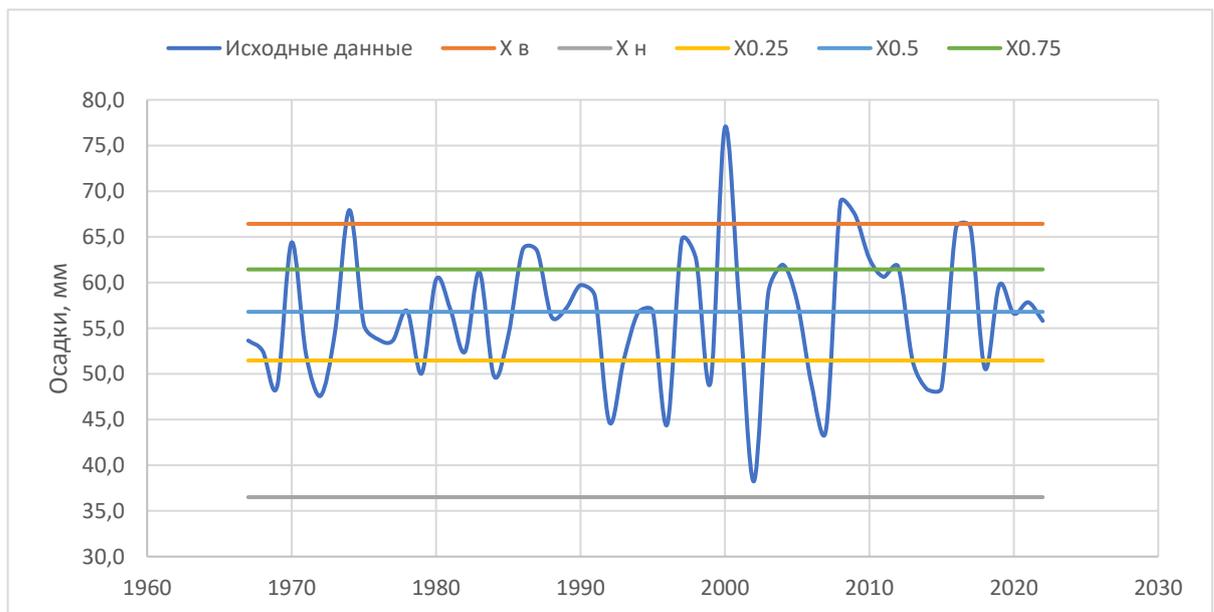


Рисунок 4.15 – Квантильная диаграмма средних годовых значений атмосферных осадков по метеостанции Тихвин

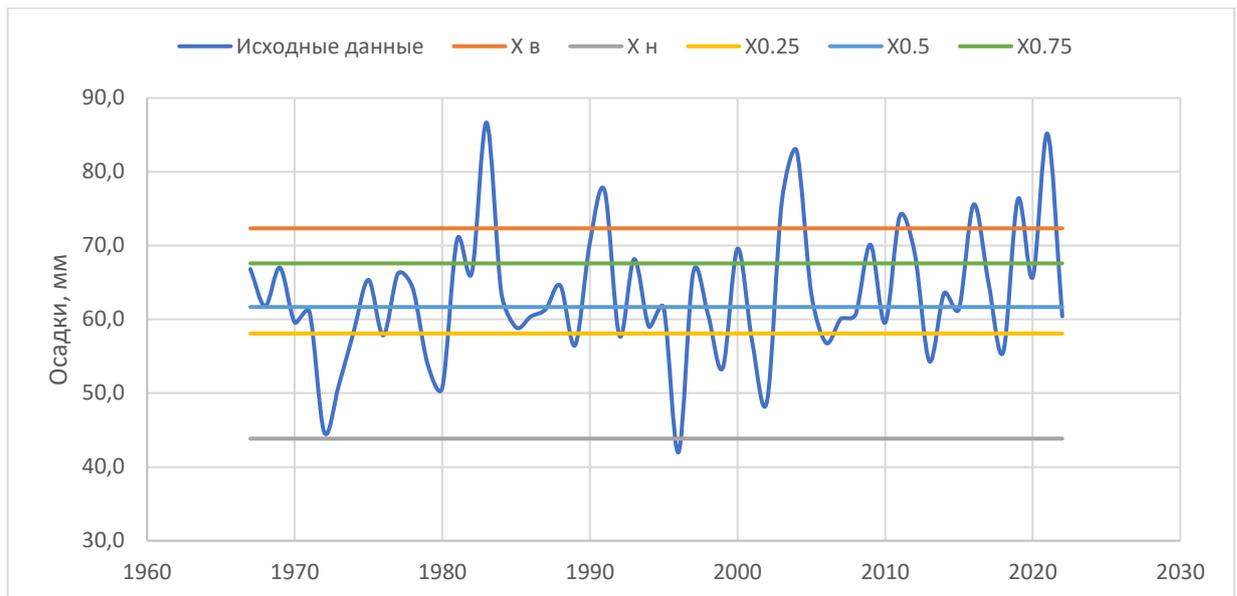


Рисунок 4.16 – Квантильная диаграмма средних годовых значений атмосферных осадков по метеостанции Белогорка

Как показал квантильный анализ, наблюдались экстремально сухие и влажные годы. Для станции Старая Русса экстремально сухим был 1972 г., экстремально влажными – 1968, 1990, 1998, 2003, 2009, 2016 – 2017, 2019, 2021 гг. Для станции Бологое экстремально сухими были 1975 и 1996 гг., экстремально влажными – 1977, 1990, 1998, 2004, 2007, 2009 – 2010, 2016, 2019 гг. На станции Тихвин экстремально сухих лет не наблюдалось, экстремально влажными были 1974, 2000, 2008 и 2017 гг. На станции Белогорка экстремально сухими были 1972 и 1996 гг., экстремально влажными – 1983, 1991, 2004, 2011, 2016, 2019 и 2021 гг.

Результаты квантильного анализа показали, что на отрезках от 1945 г. для температуры и 1967 г. для осадков по 1987 г., и с 1987 по 2022 г. наблюдаются различные особенности временной изменчивости – на первом временном отрезке наблюдается квазистационарный режим, на втором – линейный тренд.

Хронологические графики температуры воздуха и количества атмосферных осадков с нанесением графиков линейных трендов для двух отрезков времени представлены на рисунках 4.17 – 4.24, а оценки значимости этих трендов приведены в таблицах 4.4 – 4.7.

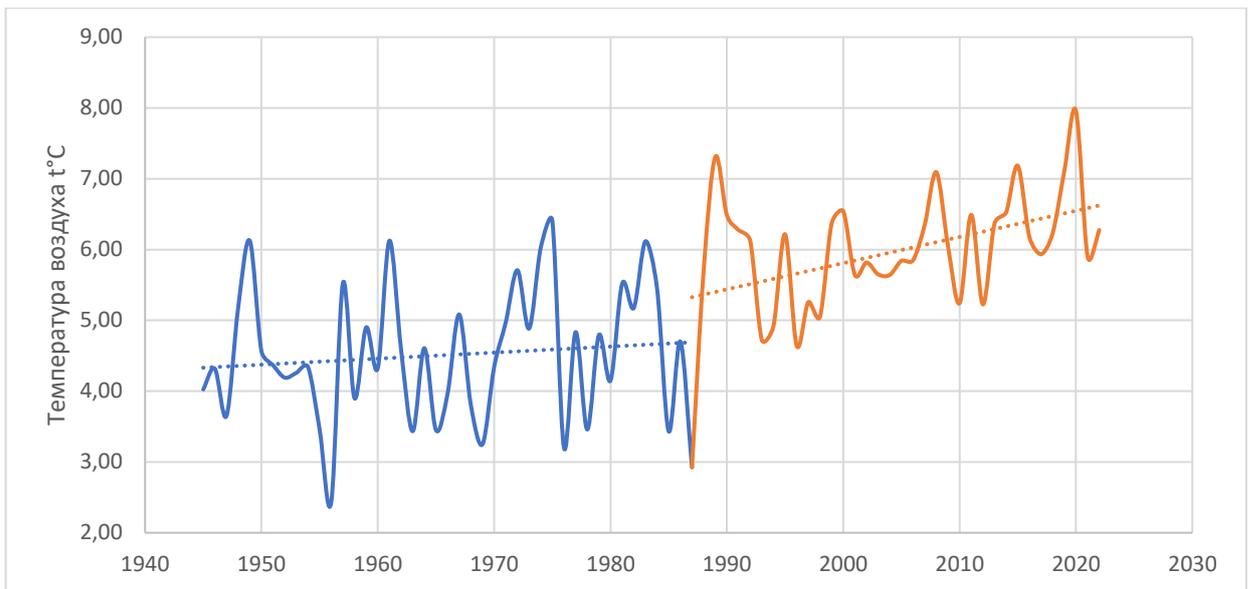


Рисунок 4.17 – Графики линейного тренда среднегодовой температуры воздуха по метеостанции Старая Русса для двух интервалов времени

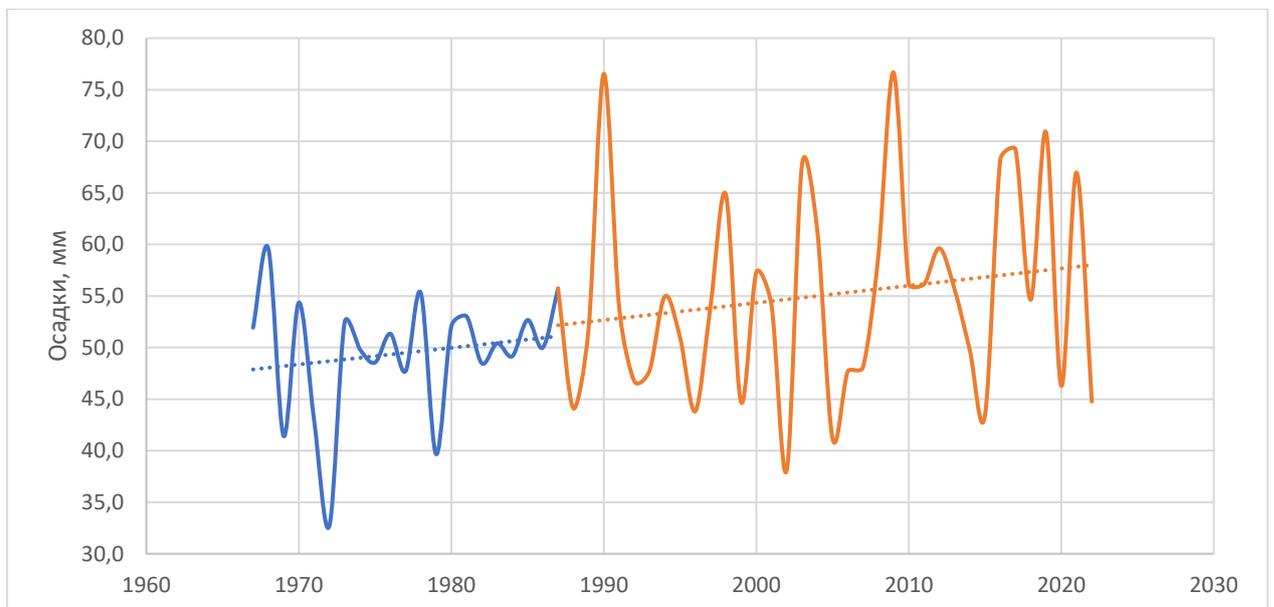


Рисунок 4.18 – Графики линейного тренда среднегодовых значений количества осадков по метеостанции Старая Русса для двух интервалов времени

Таблица 4.4 – Проверка значимости линейных трендов м/с Старая Русса

период	n, лет	R^2	R	σ	R/σ	$t_{2\alpha=5\%}$	Значимость тренда
<i>Температура</i>							
1945-1987	43	0,01	0,11	0,16	0,72	2,02	не значимый
1988-2022	35	0,19	0,43	0,16	2,76	2,03	значимый
<i>Осадки</i>							
1945-1987	21	0,03	0,16	0,23	0,73	2,09	не значимый
1988-2022	35	0,03	0,18	0,17	1,03	2,03	не значимый

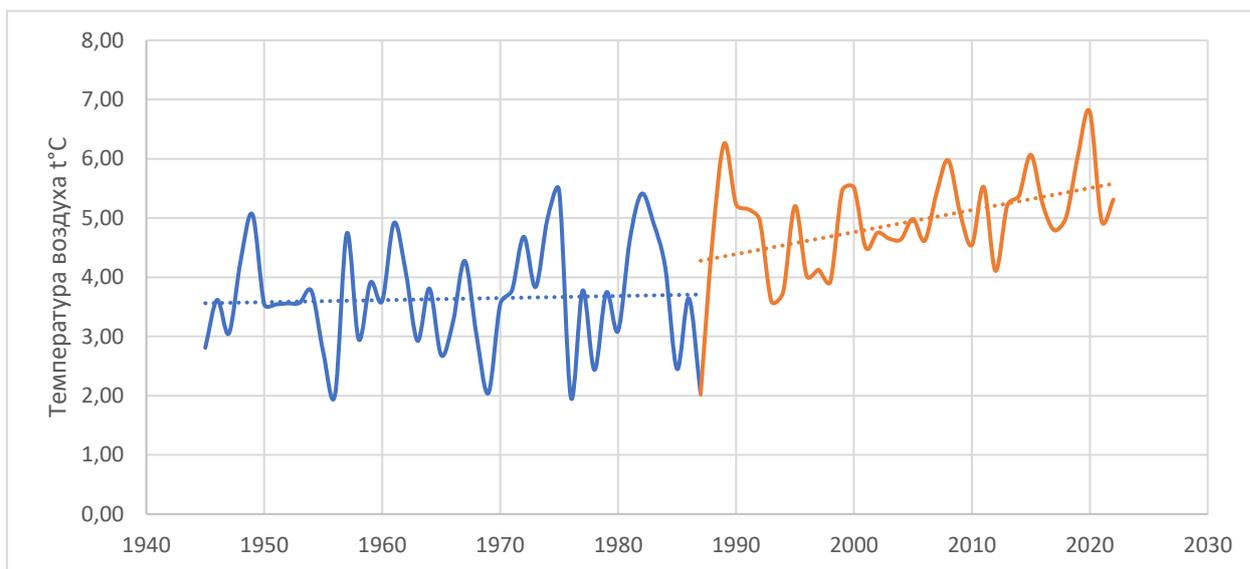


Рисунок 4.19 – Графики линейного тренда среднегодовой температуры воздуха по метеостанции Бологое для двух интервалов времени

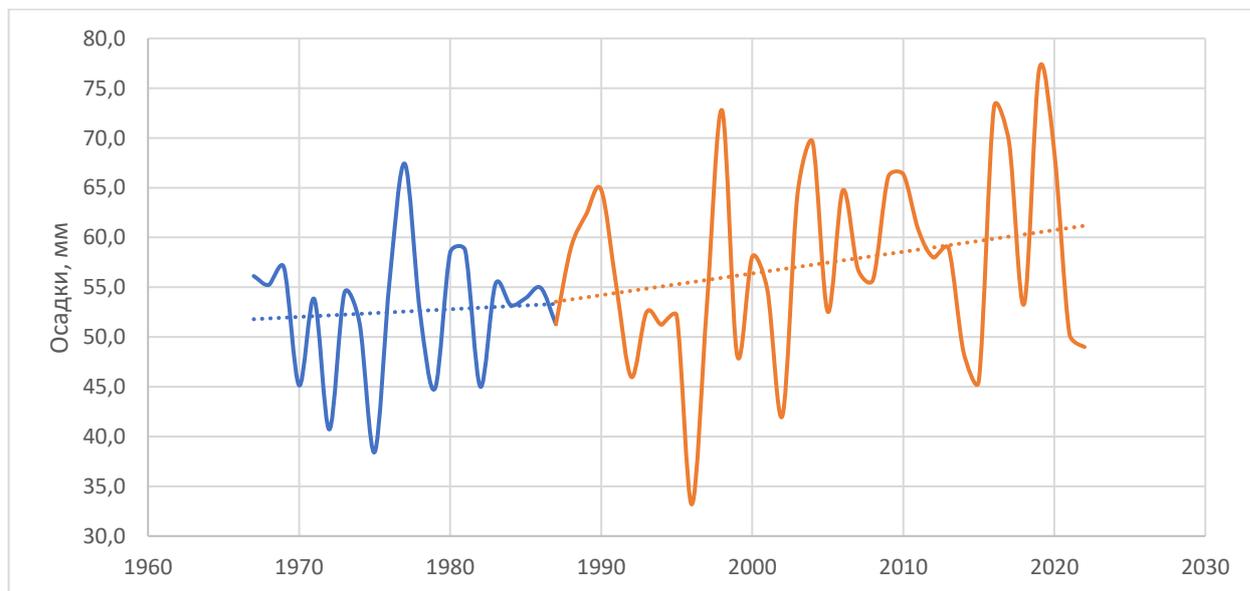


Рисунок 4.20 – Графики линейного тренда среднегодовых значений количества осадков по метеостанции Бологое для двух интервалов времени

Таблица 4.5 – Проверка значимости линейных трендов м/с Бологое

период	n, лет	R^2	R	σ	R/ σ	$t_{2\alpha=5\%}$	Значимость тренда
<i>Температура</i>							
1945-1987	43	0,00	0,05	0,16	0,30	2,02	не значимый
1988-2022	35	0,20	0,45	0,16	2,90	2,03	значимый
<i>Осадки</i>							
1945-1987	21	0,01	0,07	0,23	0,32	2,09	не значимый
1988-2022	35	0,06	0,24	0,17	1,42	2,03	не значимый

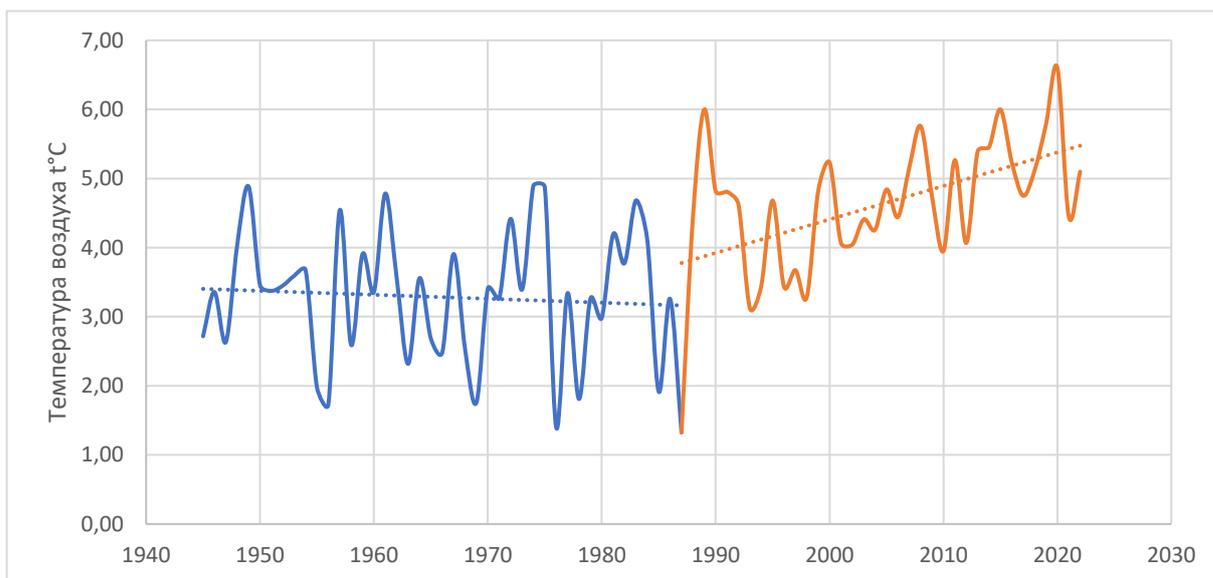


Рисунок 4.21 – Графики линейного тренда среднегодовой температуры воздуха по метеостанции Тихвин для двух интервалов времени

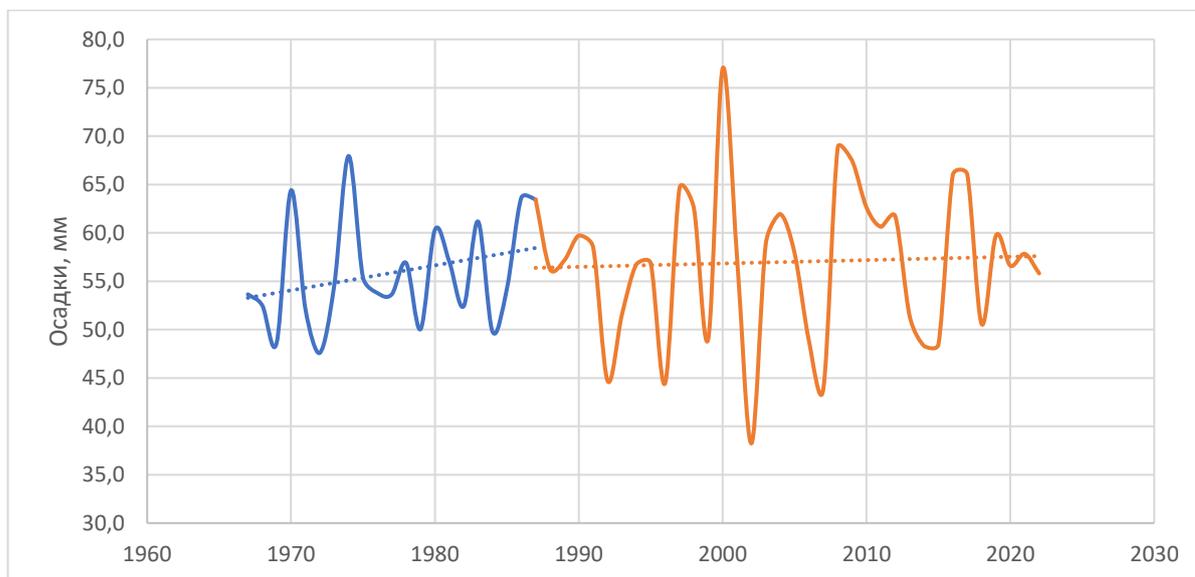


Рисунок 4.22 – Графики линейного тренда среднегодовых значений количества осадков по метеостанции Тихвин для двух интервалов времени

Таблица 4.6 – Проверка значимости линейных трендов м/с Тихвин

период	n, лет	R^2	R	σ	R/σ	$t_{2\alpha=5\%}$	Значимость тренда
<i>Температура</i>							
1945-1987	43	0,01	0,07	0,16	0,47	2,02	не значимый
1988-2022	35	0,27	0,52	0,15	3,48	2,03	значимый
<i>Осадки</i>							
1945-1987	21	0,08	0,28	0,22	1,29	2,09	не значимый
1988-2022	35	0,00	0,05	0,17	0,26	2,03	не значимый

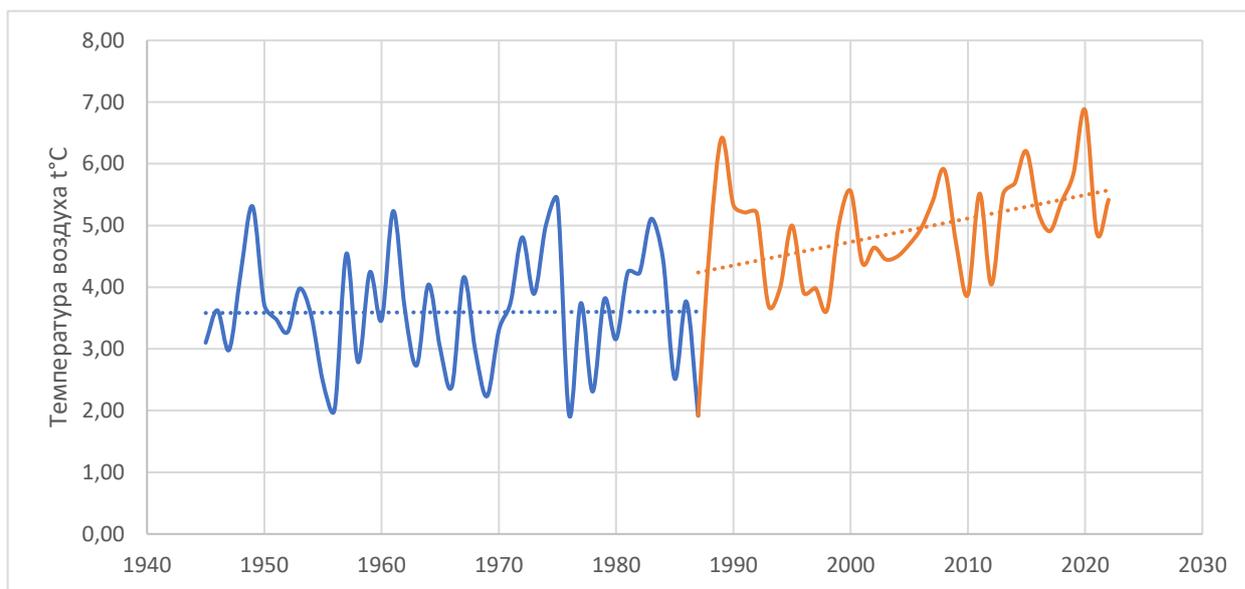


Рисунок 4.23 – Графики линейного тренда среднегодовой температуры воздуха по метеостанции Белогорка для двух интервалов времени

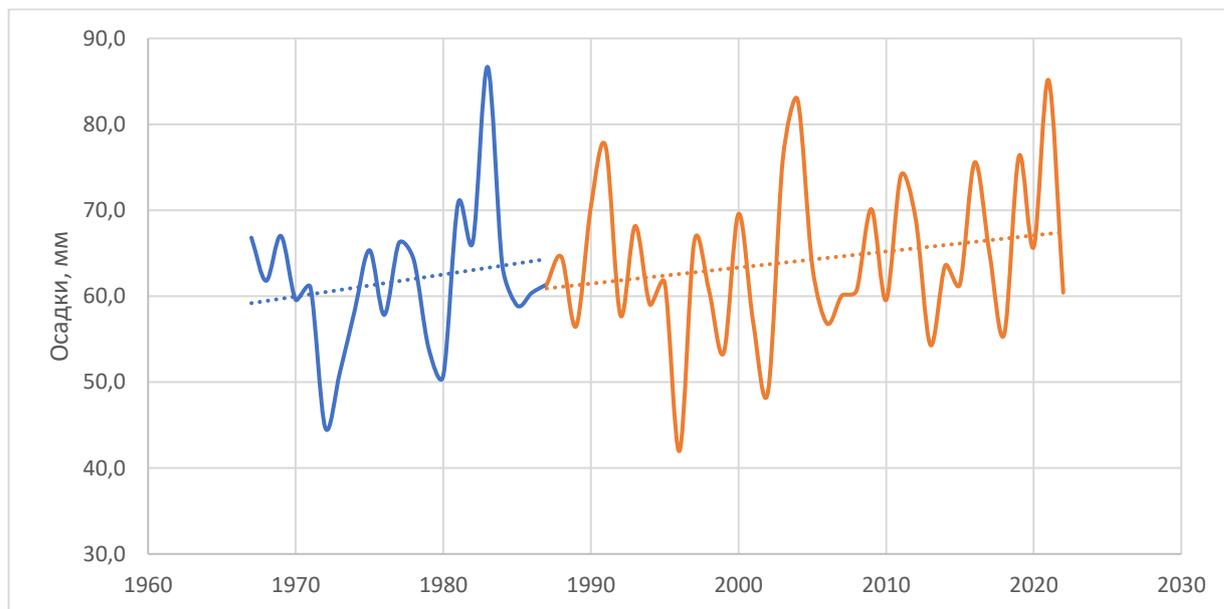


Рисунок 4.24 – Графики линейного тренда среднегодовых значений количества осадков по метеостанции Белогорка для двух интервалов времени

Таблица 4.7 – Проверка значимости линейных трендов м/с Белогорка

период	n , лет	R^2	R	σ	R/σ	$t_{2\alpha=5\%}$	Значимость тренда
<i>Температура</i>							
1945-1987	43	0,00	0,01	0,16	0,05	2,02	не значимый
1988-2022	35	0,19	0,43	0,16	2,77	2,03	значимый
<i>Осадки</i>							
1945-1987	21	0,04	0,19	0,23	0,83	2,09	не значимый
1988-2022	35	0,05	0,21	0,17	1,26	2,03	не значимый

Для выделения периодов локальной нестационарности в рядах средних годовых значений температуры воздуха и количества атмосферных осадков использовалась низкочастотная фильтрация Баттерворта с частотой среза $\omega = 0,57$ рад/год (рис. 4.25 – 4.32).

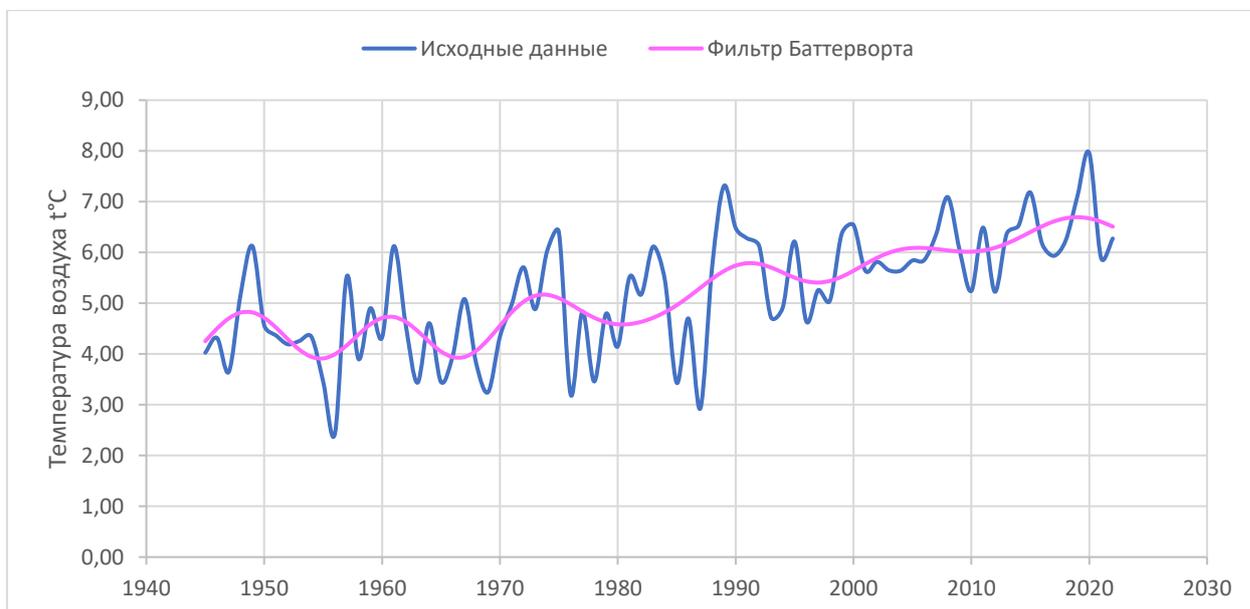


Рисунок 4.25 – результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта Баттерворта средних годовых значений температуры воздуха на станции Старая Русса



Рисунок 4.26 – результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта Баттерворта ряда средних годовых значений атмосферных осадков на станции Старая Русса

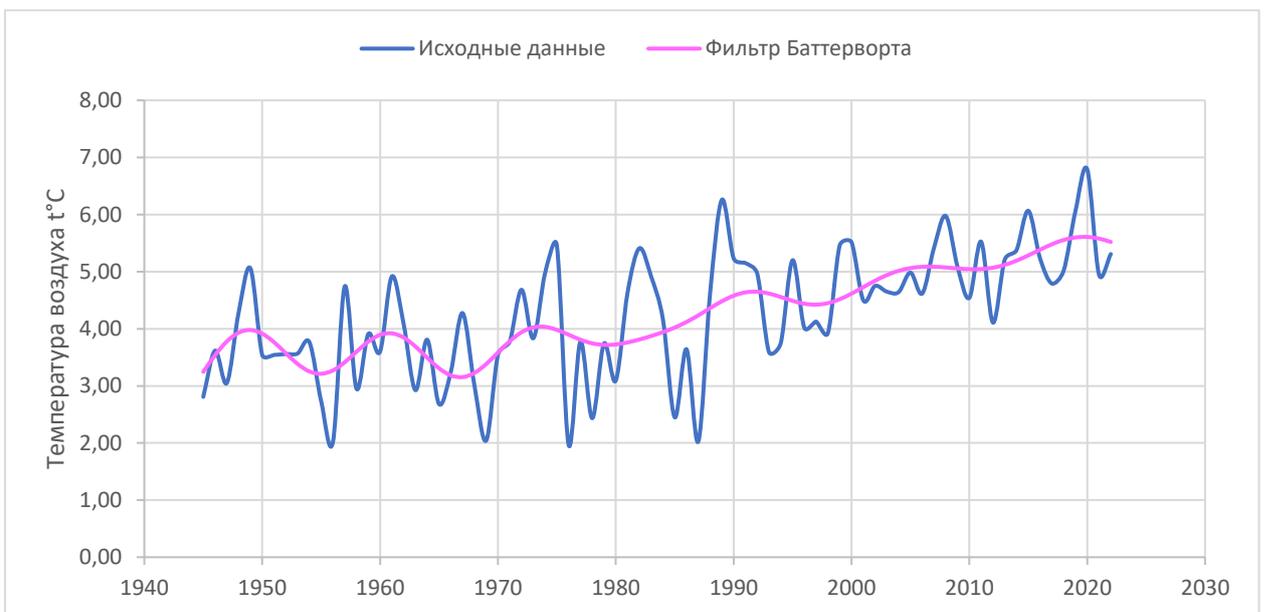


Рисунок 4.27 – результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта Баттерворта средних годовых значений температуры воздуха на станции Бологое



Рисунок 4.28 – результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта Баттерворта ряда средних годовых значений атмосферных осадков на станции Бологое

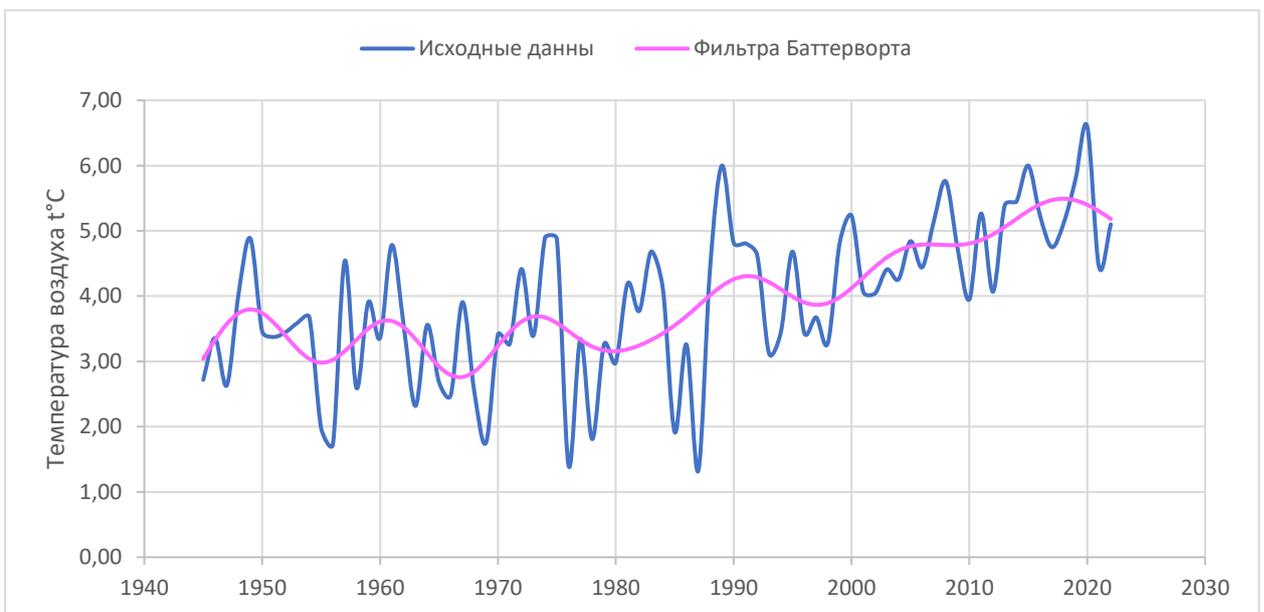


Рисунок 4.29 – результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта Баттерворта средних годовых значений температуры воздуха на станции Тихвин

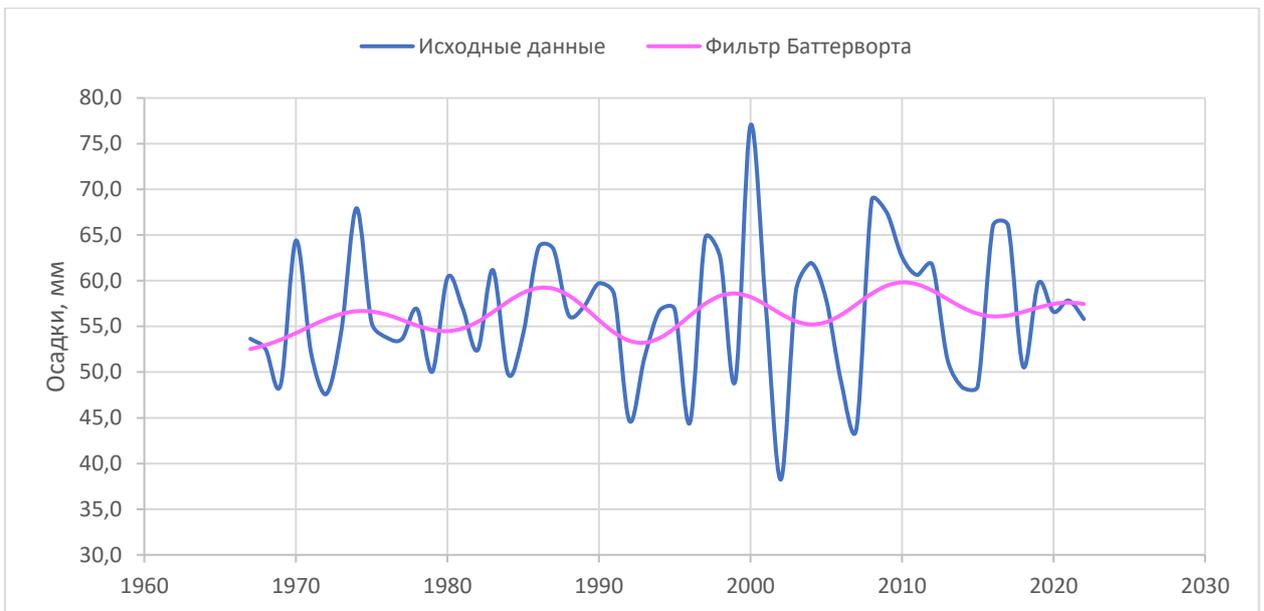


Рисунок 4.30 – результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта Баттерворта ряда средних годовых значений атмосферных осадков на станции Тихвин

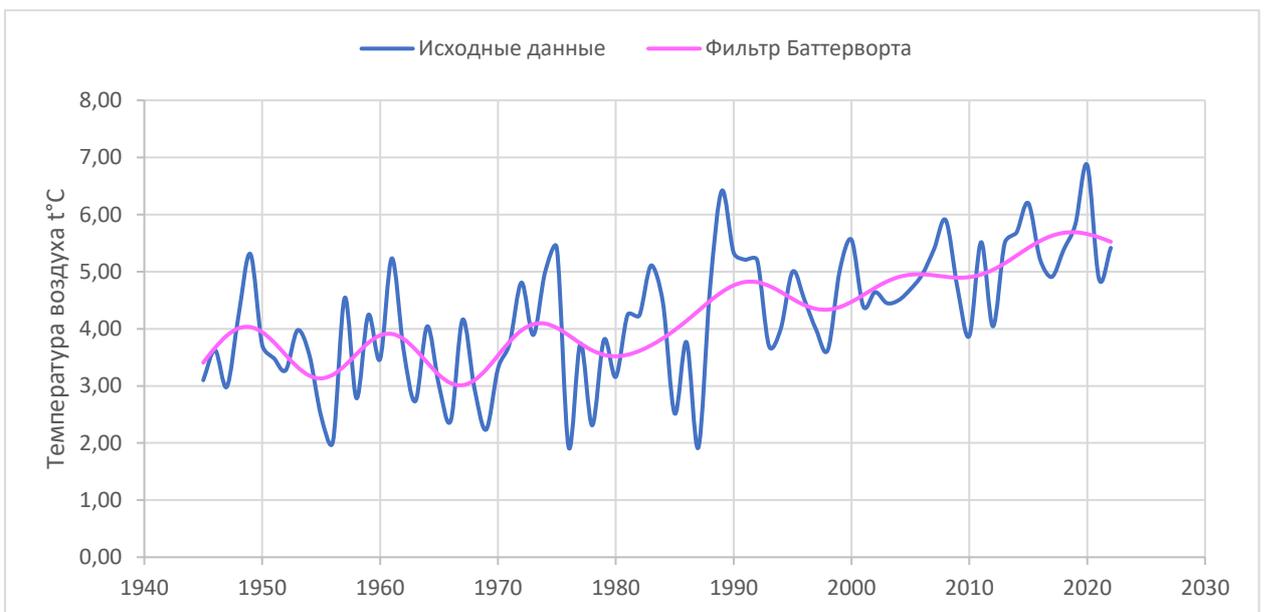


Рисунок 4.31 – результаты низкочастотной фильтрации Баттерворта Баттерворта средних годовых значений температуры воздуха на станции Белогорка

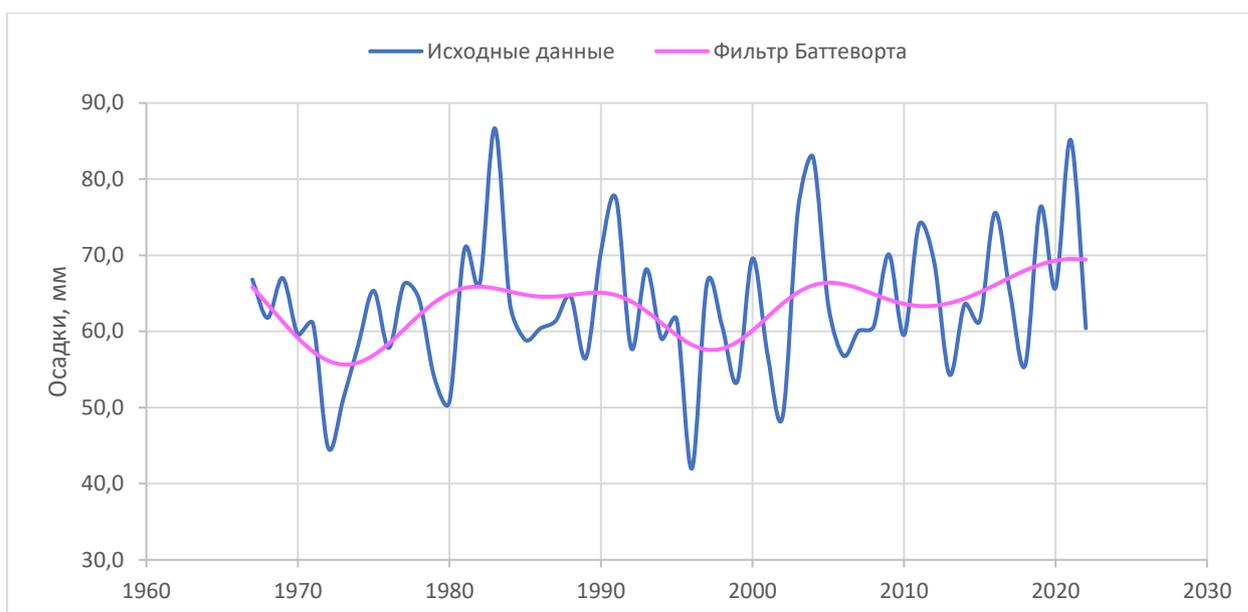


Рисунок 4.32 – результаты низкочастотной фильтрации Баттеворта Баттеворта ряда средних годовых значений атмосферных осадков на станции Белогорка

Из рисунков 4.25 – 4.32 видно, что для многолетней изменчивости метеорологических показателей характерны циклы подъема и спада продолжительностью 10 – 15 лет. Для температуры воздуха эти циклы выражены достаточно четко и на рассматриваемых станциях наблюдаются синхронно. Ход подъемов и спадов средних годовых значений атмосферных осадков в общих чертах повторяется на всех станциях.

4.2 Внутригодовая изменчивость метеорологических показателей

На рисунках 4.33 – 4.40 представлены графики оценок вероятностных характеристик ПКСП: математического ожидания $m^*(t)$ и дисперсии $D^*(t)$, а их численные характеристики даны в таблицах 4.8 – 4.15.

Таблица 4.8 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода температуры воздуха м/с Старая Русса

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	-7,12	-6,96	-2,38	5,18	11,9	16,1	17,9	16,1	10,9	5,38	-0,25	-4,37
$D(t)$	17,6	19,9	10,9	3,47	3,58	3,17	2,96	1,63	2,32	3,31	5,65	12,7

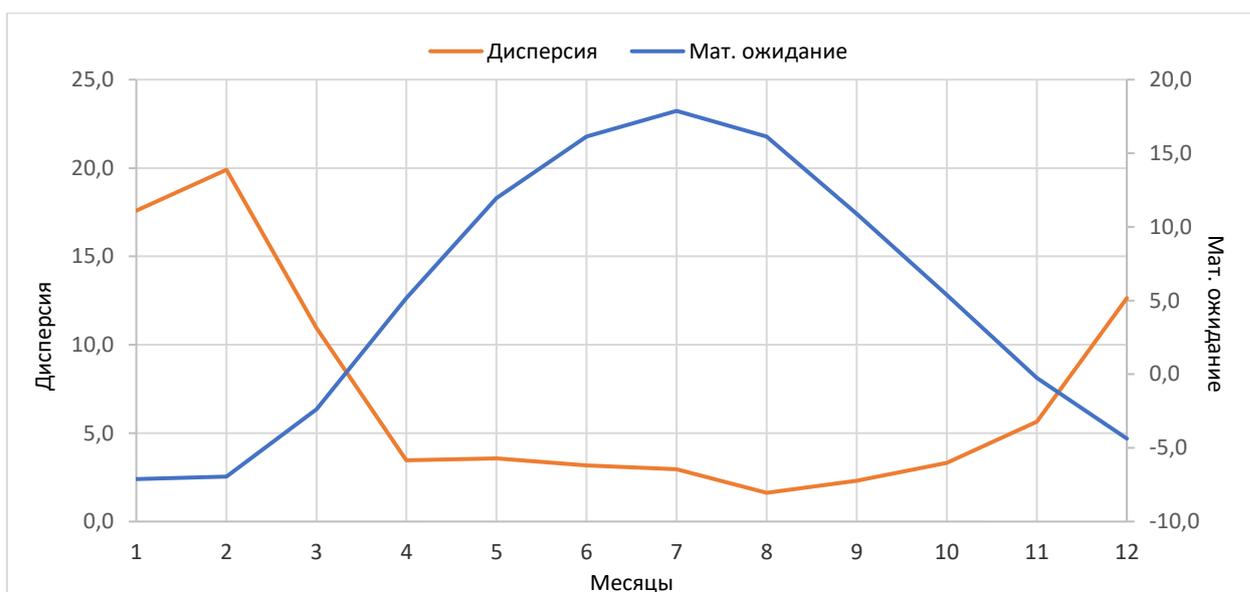


Рисунок 4.33 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода температуры воздуха на метеостанции Старая Русса

Таблица 4.9 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода атмосферных осадков м/с Старая Русса

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	39,6	31,7	31,6	38,6	51,3	71,9	76,8	76,0	59,0	58,0	55,3	45,7
$D(t)$	294	185	206	453	698	1381	1848	2213	586	741	567	170

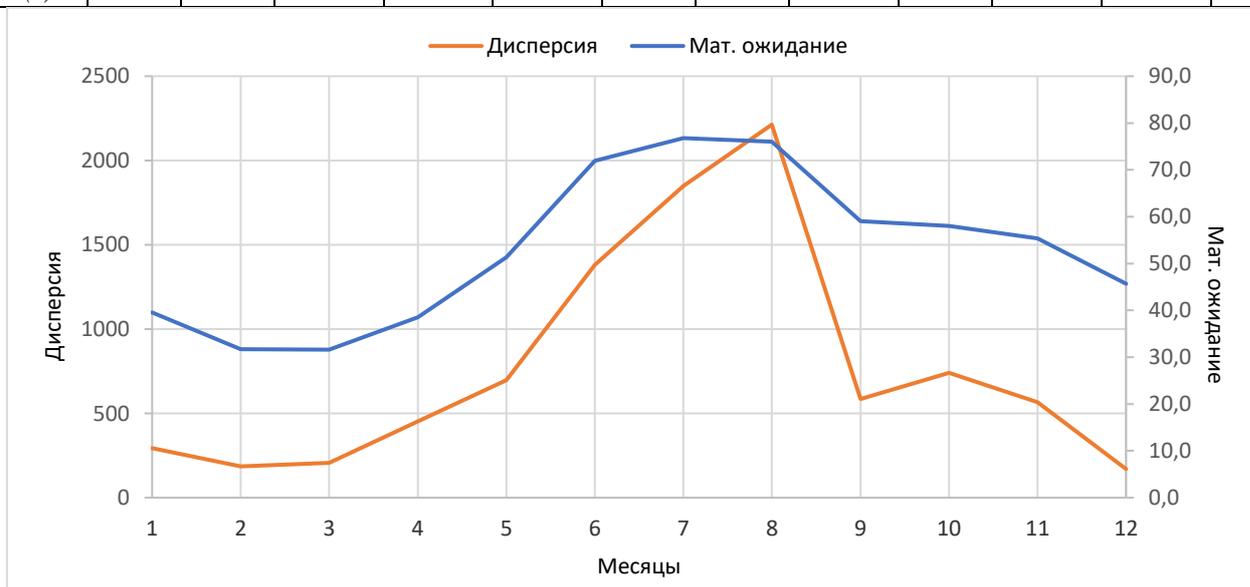


Рисунок 4.34 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода атмосферных осадков на метеостанции Старая Русса

Таблица 4.10 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии
внутригодового хода температуры воздуха
м/с Бологое

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	-8,62	-7,93	-3,00	4,33	11,2	15,5	17,3	15,5	10,1	4,22	-1,72	-5,94
$D(t)$	15,9	18,2	8,11	3,37	4,23	3,73	3,34	1,99	2,58	3,48	5,84	13,2

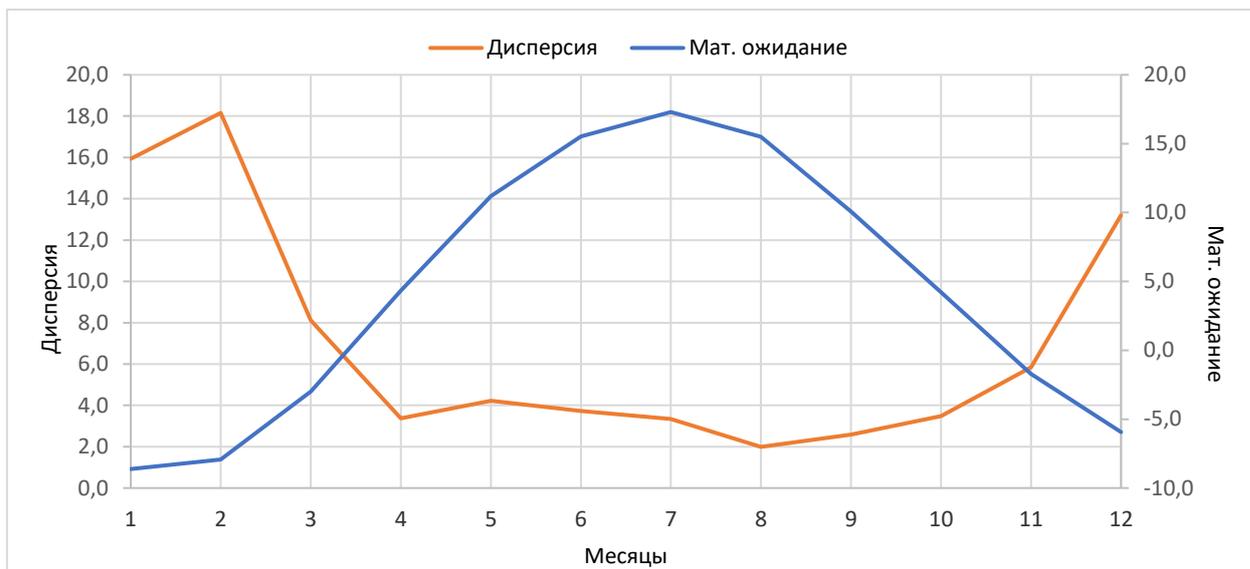


Рисунок 4.35 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии
внутригодового хода температуры воздуха на метеостанции Бологое

Таблица 4.11 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии
внутригодового хода атмосферных осадков м/с Болгое

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	42,0	32,2	32,6	37,4	54,8	75,5	86,7	77,1	61,1	61,3	54,9	49,0
$D(t)$	283	170	157	310	494	940	2595	1816	587	838	497	182

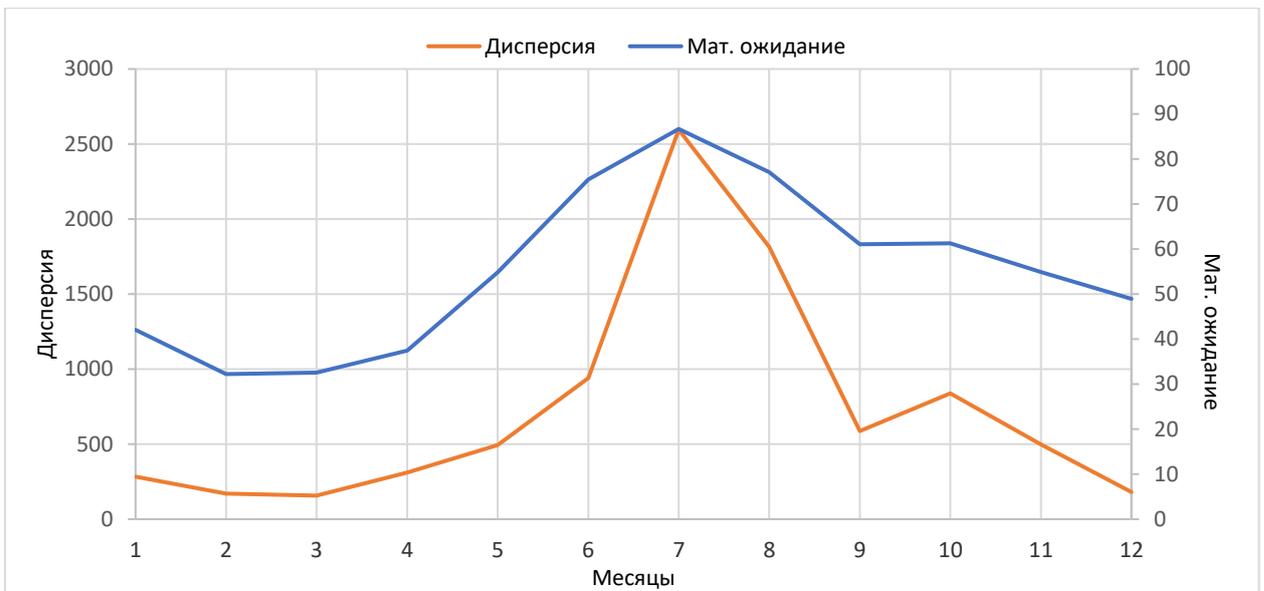


Рисунок 4.36 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода атмосферных осадков на метеостанции Бологое

Таблица 4.12 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода температуры воздуха м/с Тихвин

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	-8,92	-8,32	-3,48	3,66	10,4	15,2	17,2	15,2	9,85	4,07	-1,77	-6,00
$D(t)$	18,5	19,7	8,92	3,28	3,95	3,89	3,51	1,99	2,70	3,58	6,66	15,7

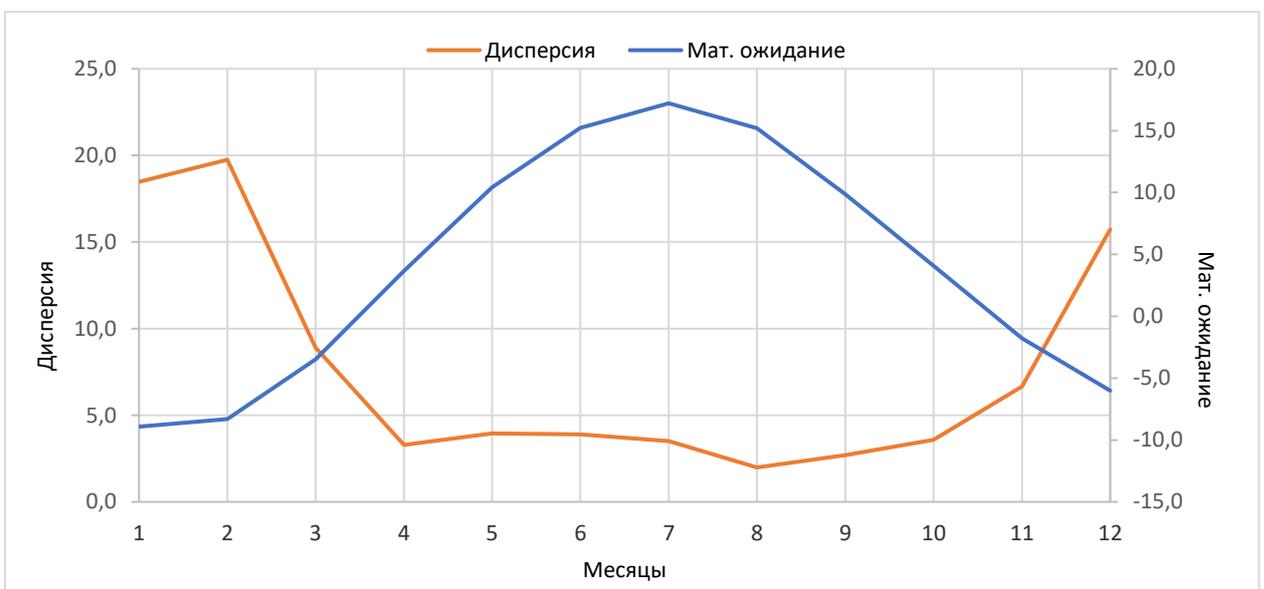


Рисунок 4.37 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода температуры воздуха на метеостанции Тихвин

Таблица 4.13 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии
внутригодового хода атмосферных осадков м/с Тихвин

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	40,9	32,1	34,4	38,4	48,5	69,4	80,7	82,8	63,6	64,2	58,6	52,6
$D(t)$	348	301	334	463	833	1247	1762	1562	1098	773	543	493

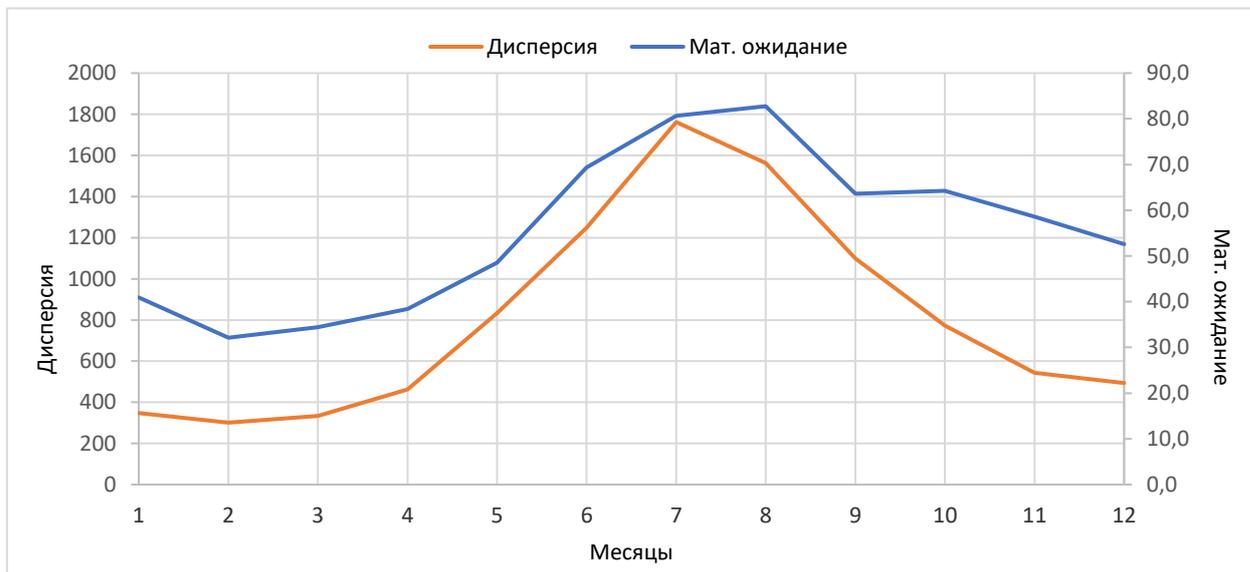


Рисунок 4.38 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии
внутригодового хода атмосферных осадков на метеостанции Тихвин

Таблица 4.14 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии
внутригодового хода температуры воздуха
м/с Белогорка

Месяц	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
$m(t)$	-7,74	-7,71	-3,40	3,67	10,2	14,8	16,9	15,2	10,0	4,51	-1,01	-4,93
$D(t)$	17,6	18,81	9,26	3,15	3,35	3,12	2,77	1,58	3,60	3,49	5,29	13,1

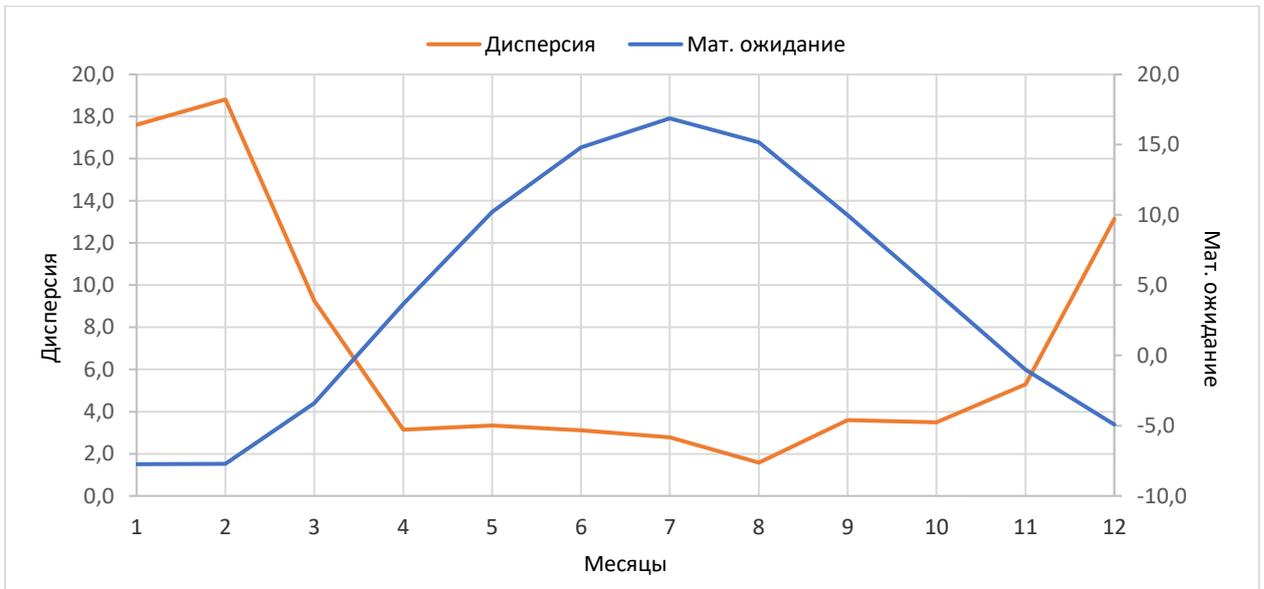


Рисунок 4.39 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода температуры воздуха на метеостанции Белогорка

Таблица 4.15 – Значение оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода среднегодовых значений осадков м/с Белогорка

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$m(t)$	54,9	39,2	42,4	43,7	53,4	74,0	83,4	83,8	70,1	73,9	71,0	65,8
$D(t)$	479	309	302	434	695	1156	1667	1595	798	897	514	479

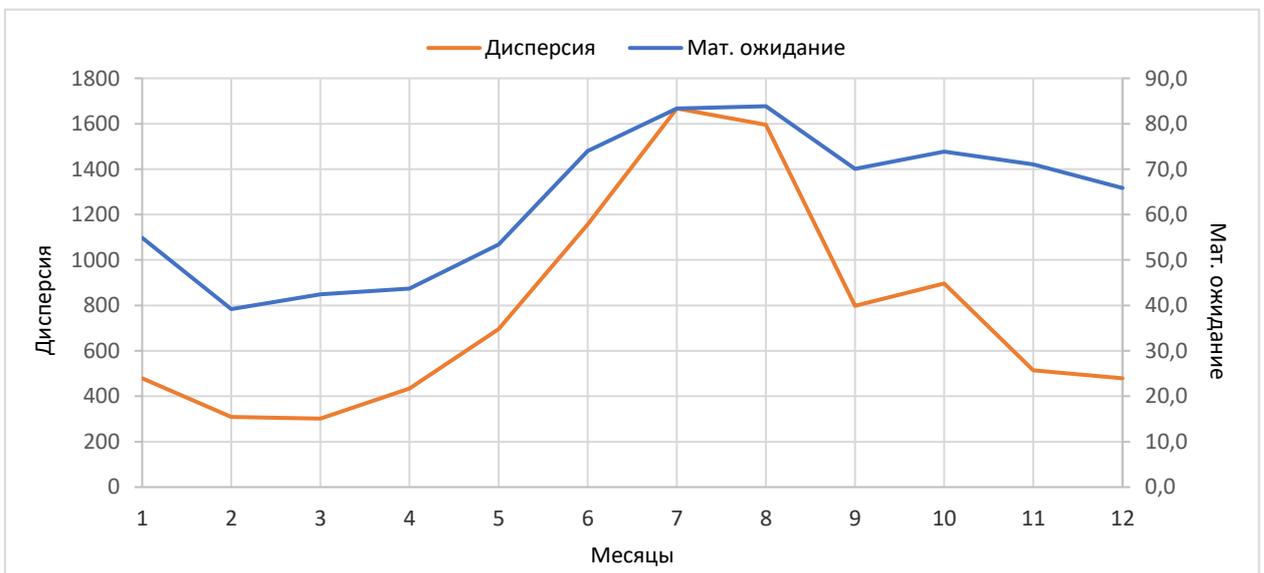


Рисунок 4.40 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода атмосферных осадков на метеостанции Белогорка

Графики оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода анализируемых процессов имеют схожий вид для всех метеостанций. Графики оценок $m^*(t)$ и $D^*(t)$ температуры воздуха находятся в

противофазе. Максимум дисперсии наблюдается в зимние месяцы, минимум – летом, что отражает большую изменчивость от года к году зимних температур, чем летних. Графики оценок $m^*(t)$ и $D^*(t)$ количества атмосферных осадков также имеют схожий вид для всех станций. С августа дисперсия уменьшается намного сильнее в то время, как математическое ожидание уменьшается более плавно. Пики графиков выпадают на июль – август что указывает на период дождевых паводков. Количество осадков из года в год может меняться достаточно сильно, что приводит к видимому различию графиков $m^*(t)$ и $D^*(t)$ на протяжении остальной части года.

На рисунках 4.41 – 4.56 представлены графики оценок корреляционных зависимостей внутригодовой и межгодовой изменчивости $K\zeta^*(t, \tau)$.

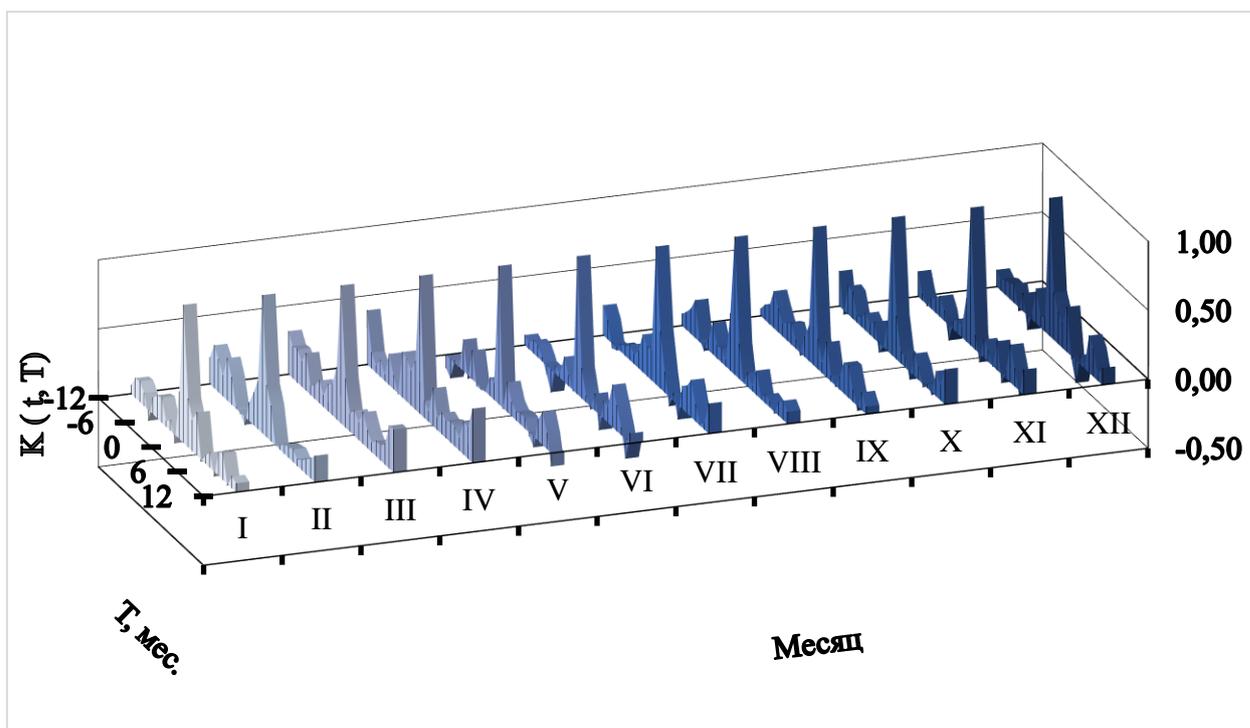


Рисунок 4.41 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1$ мес.) температуры воздуха м/с Старая Русса

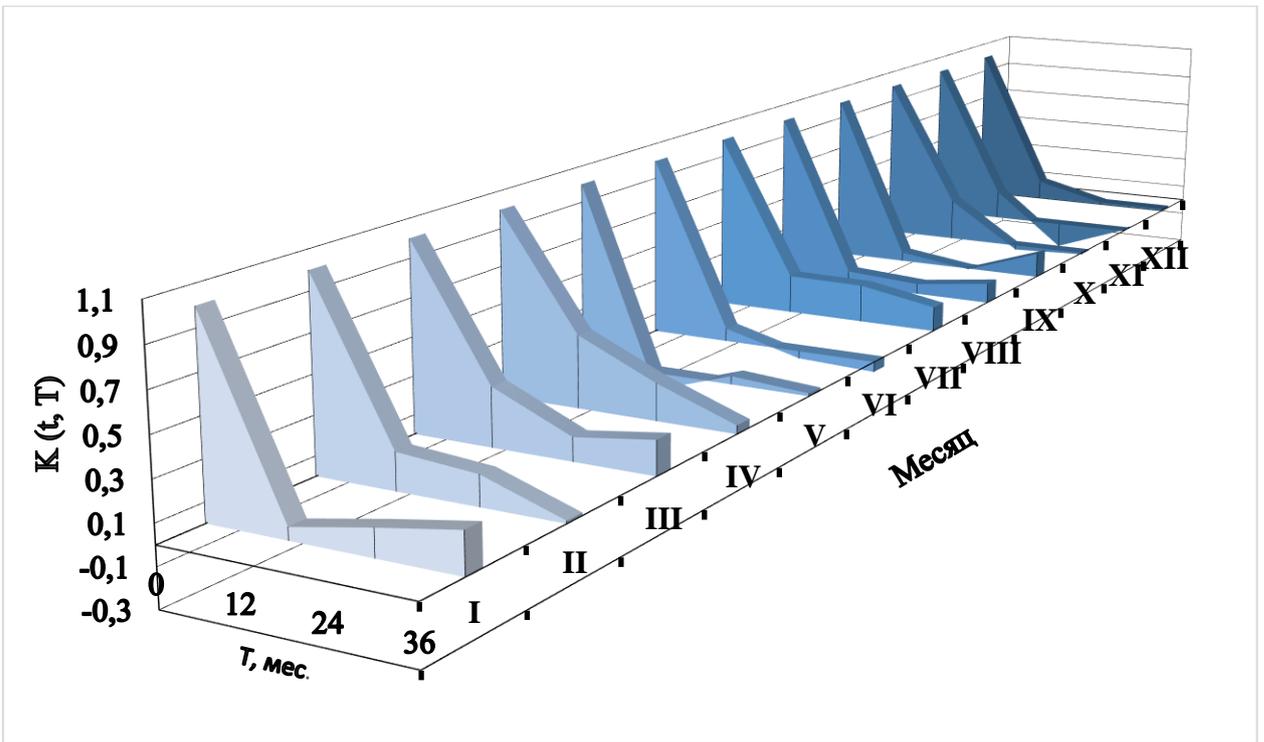


Рисунок 4.42 – Графики оценок межгодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) температуры воздуха м/с Старая Русса

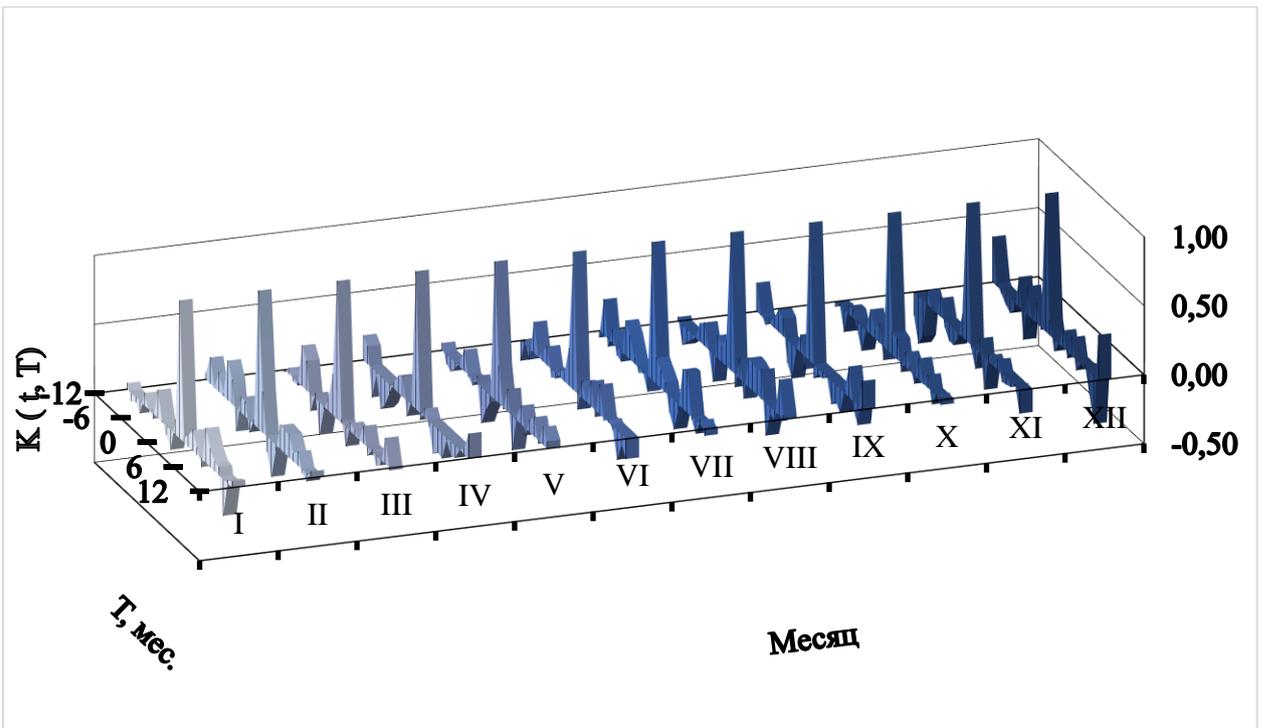


Рисунок 4.43 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ мес.}$) количества осадков м/с Старая Русса

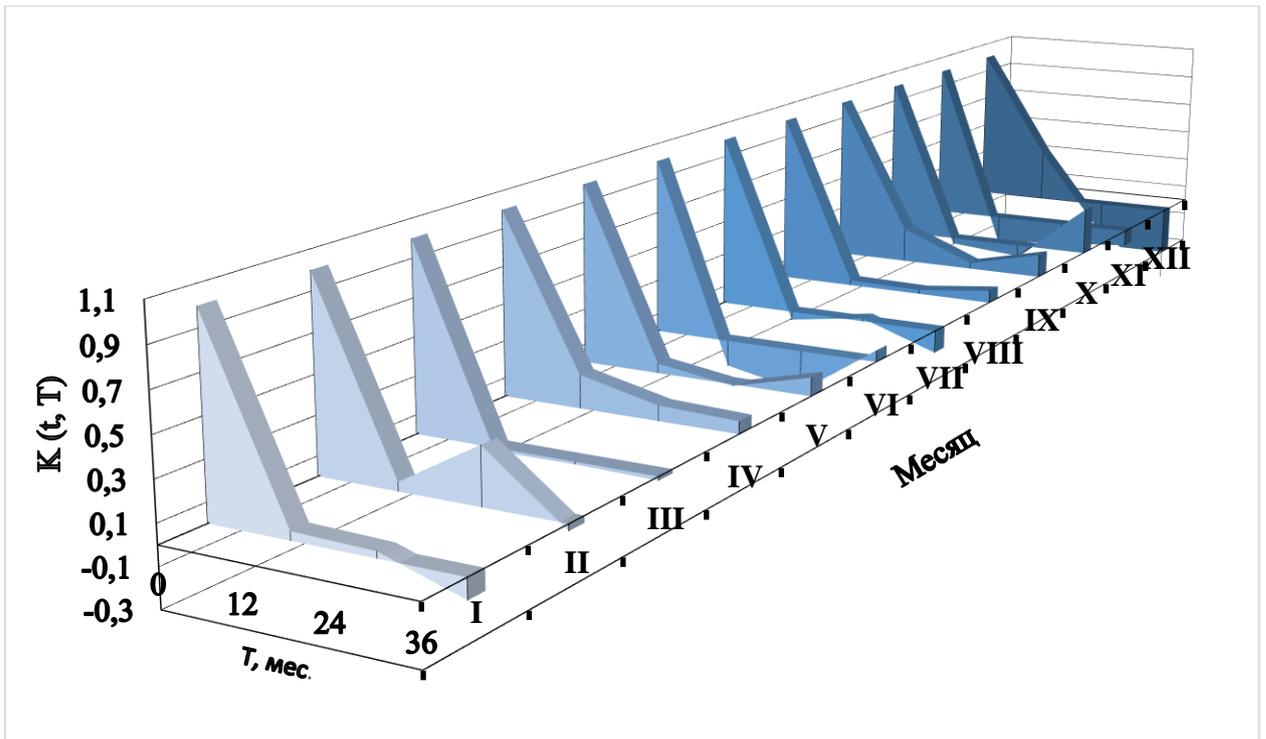


Рисунок 4.44 – Графики оценок межгодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) количества осадков м/с Старая Русса

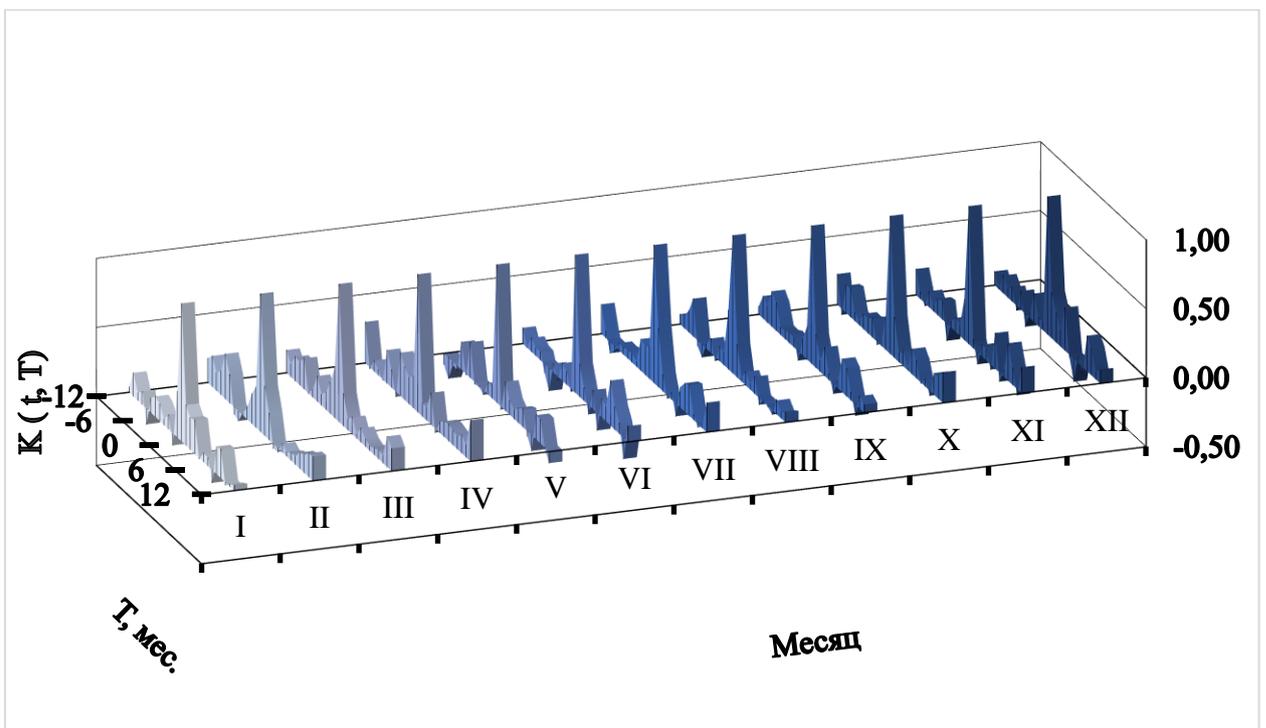


Рисунок 4.45 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ мес.}$) температуры воздуха м/с Бологое

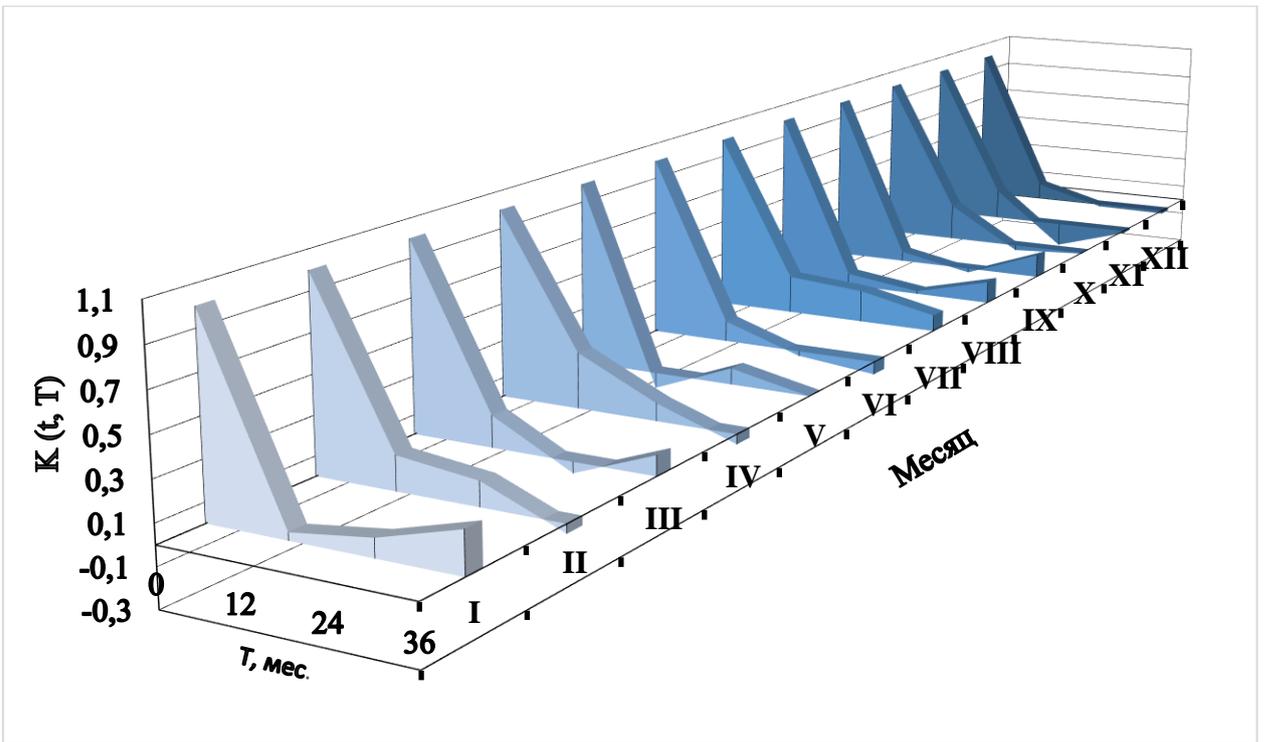


Рисунок 4.46 – Графики оценок межгодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) температуры воздуха м/с Болгое

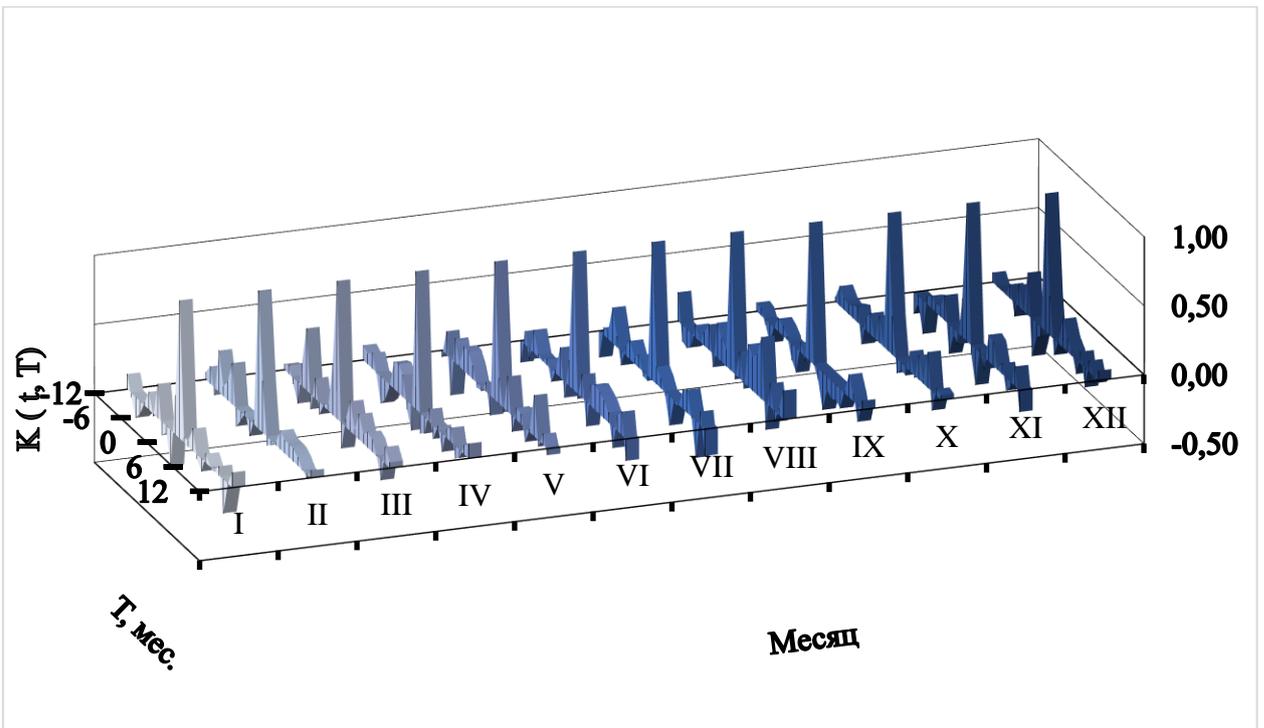


Рисунок 4.47 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ мес.}$) количества осадков м/с Болгое

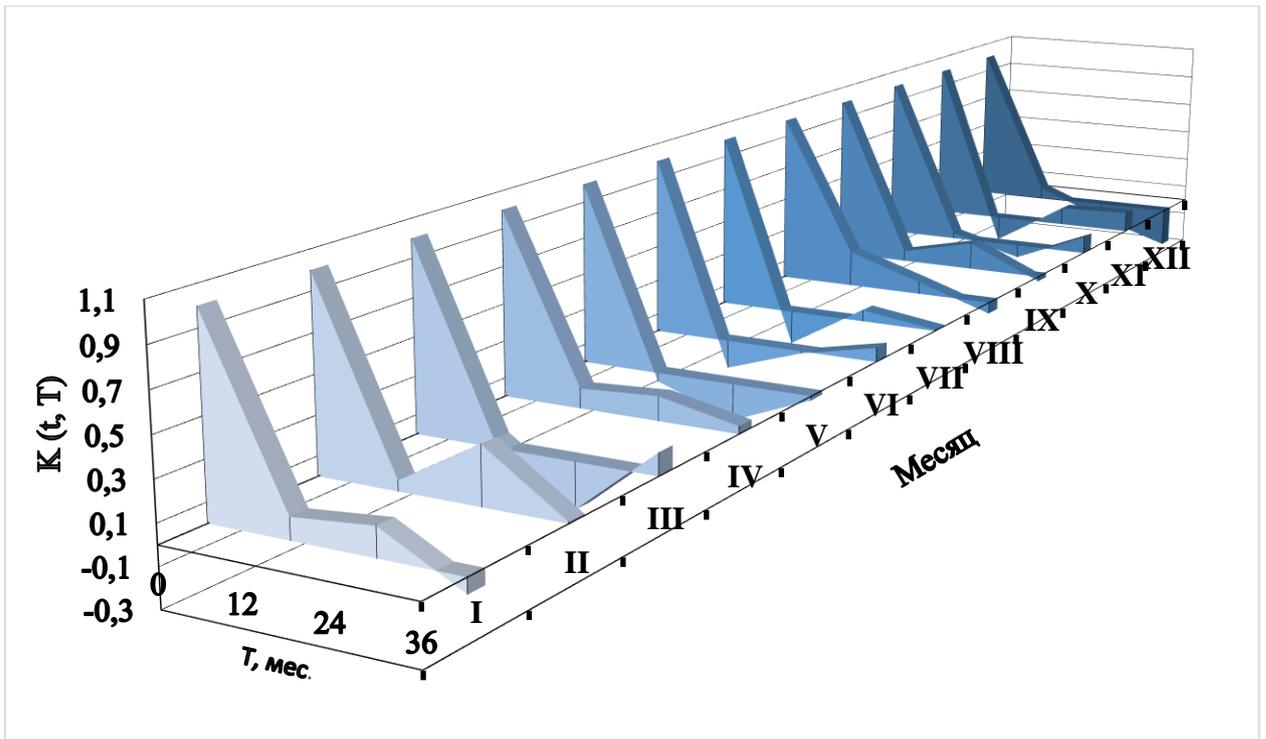


Рисунок 4.48 – Графики оценок межгодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) количества осадков м/с Болгое

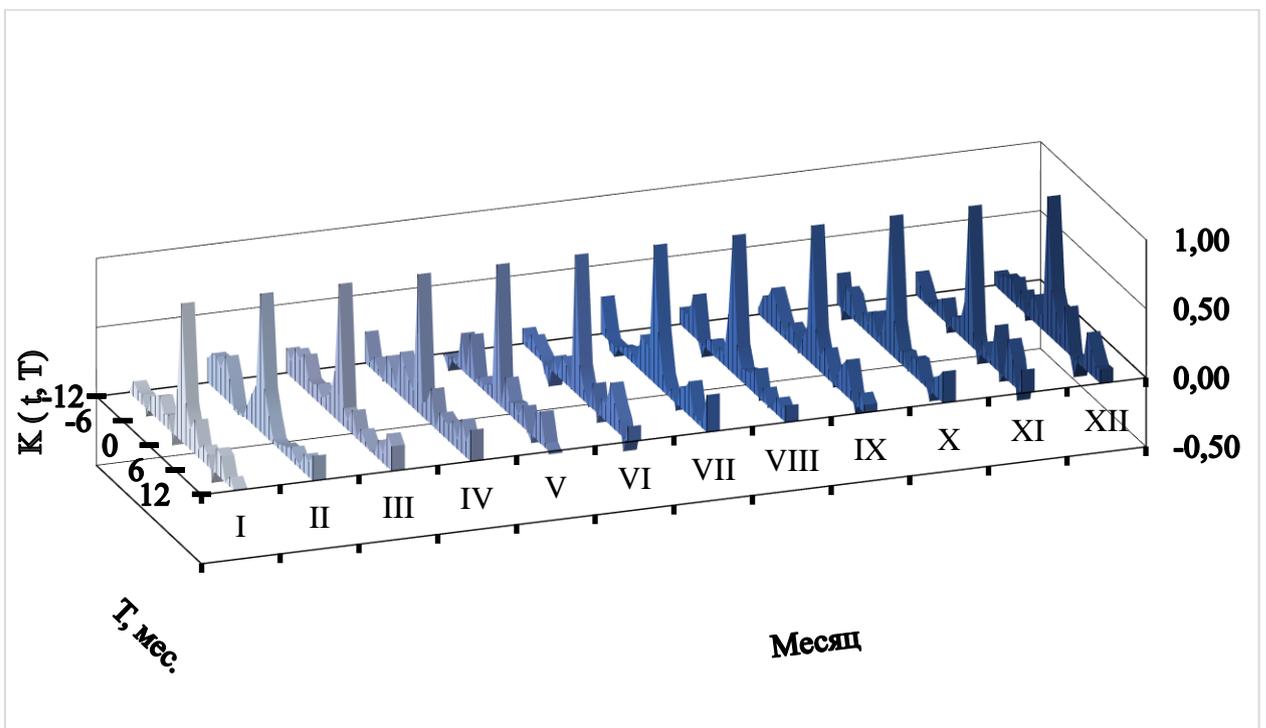


Рисунок 4.49 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ мес.}$) температуры воздуха м/с Тихвин

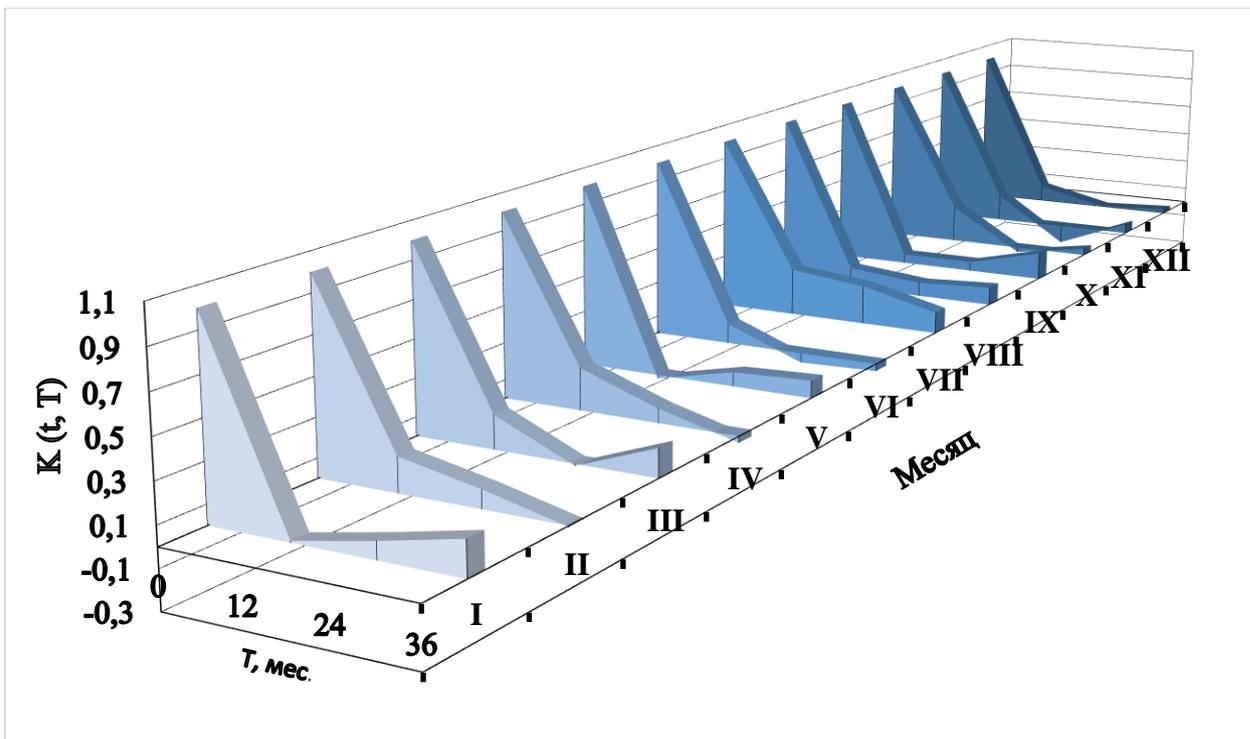


Рисунок 4.50 – Графики оценок межгодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) температуры воздуха м/с Тихвин

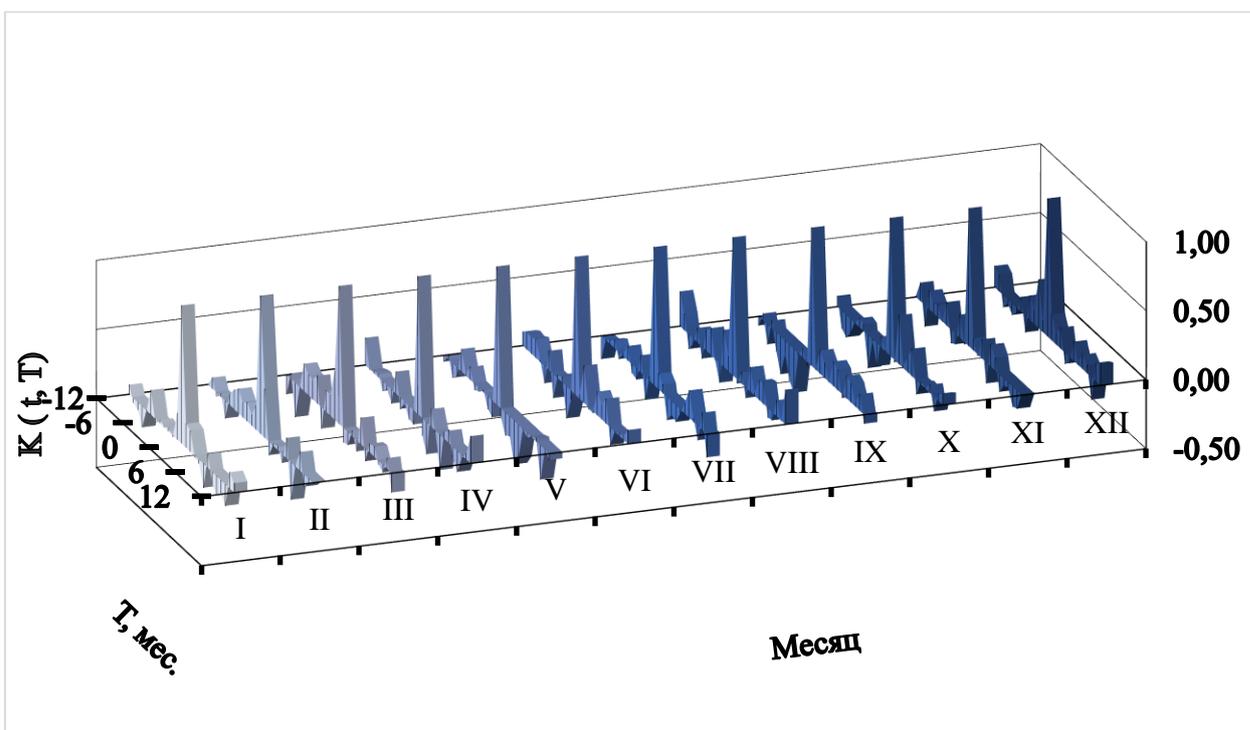


Рисунок 4.51 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ мес.}$) количества осадков м/с Тихвин

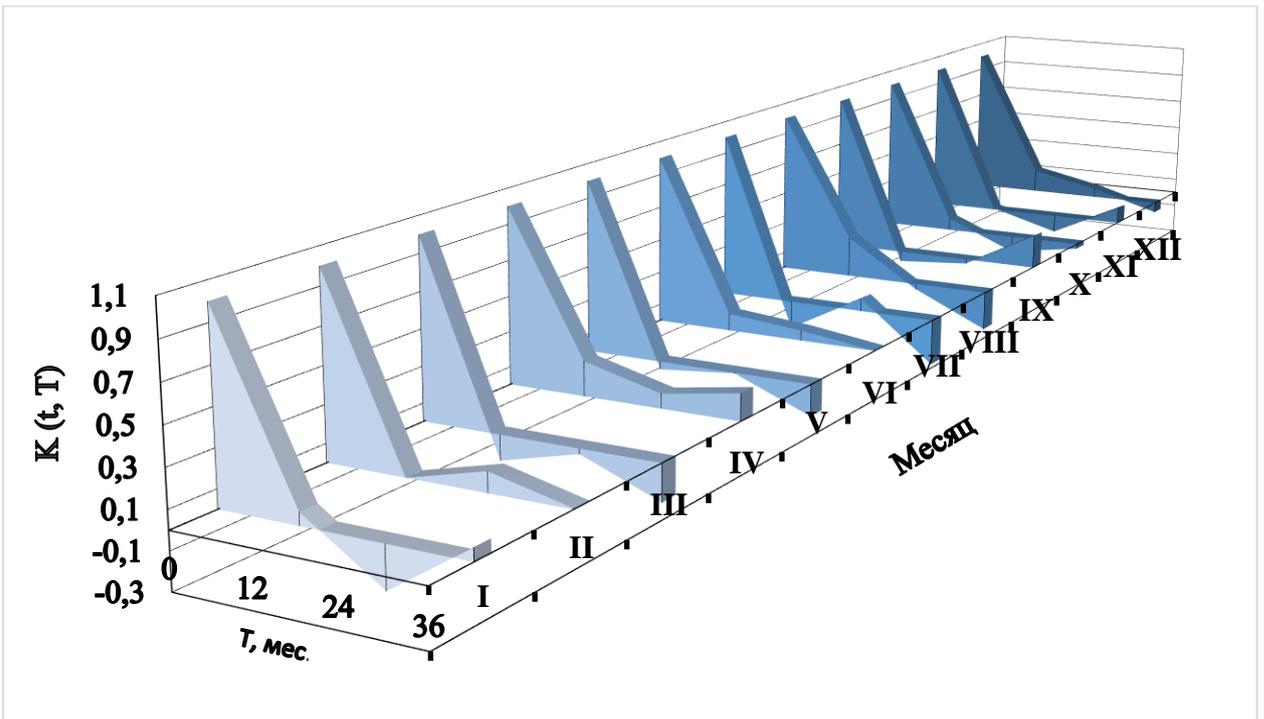


Рисунок 4.52 – Графики оценок межгодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) количества осадков м/с Тихвин

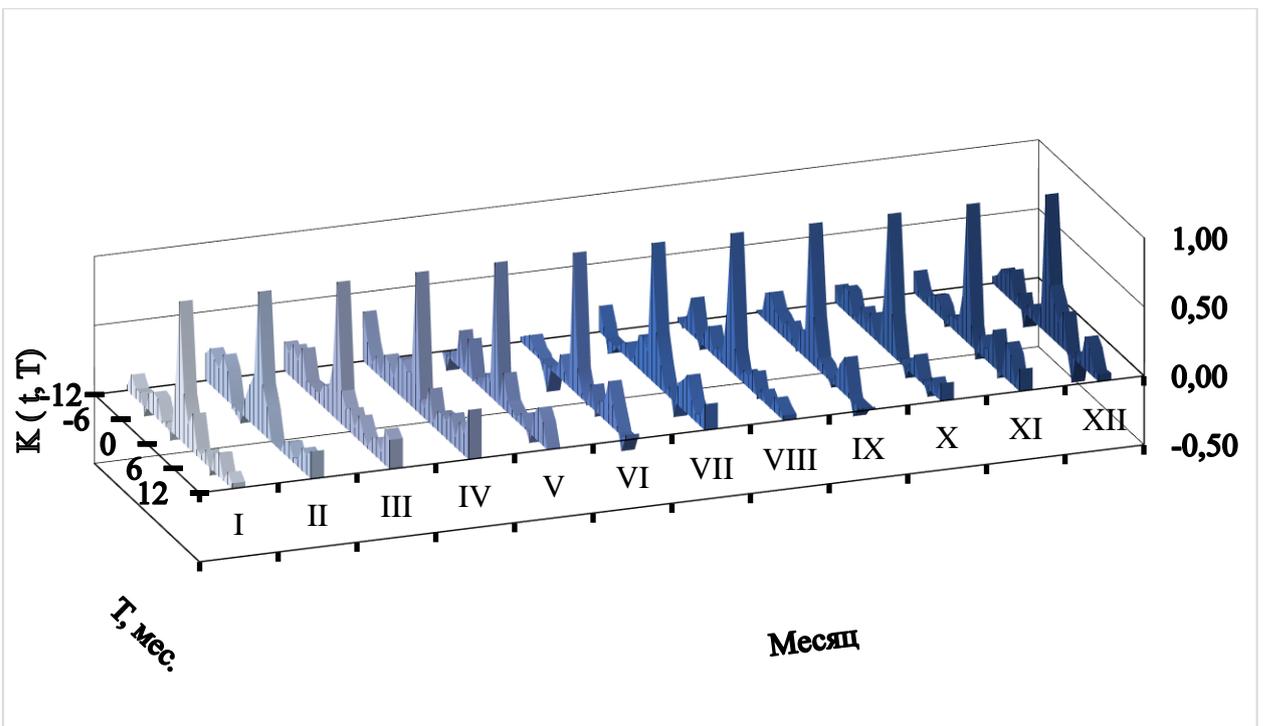


Рисунок 4.53 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ мес.}$) температуры воздуха м/с Белогор'ка

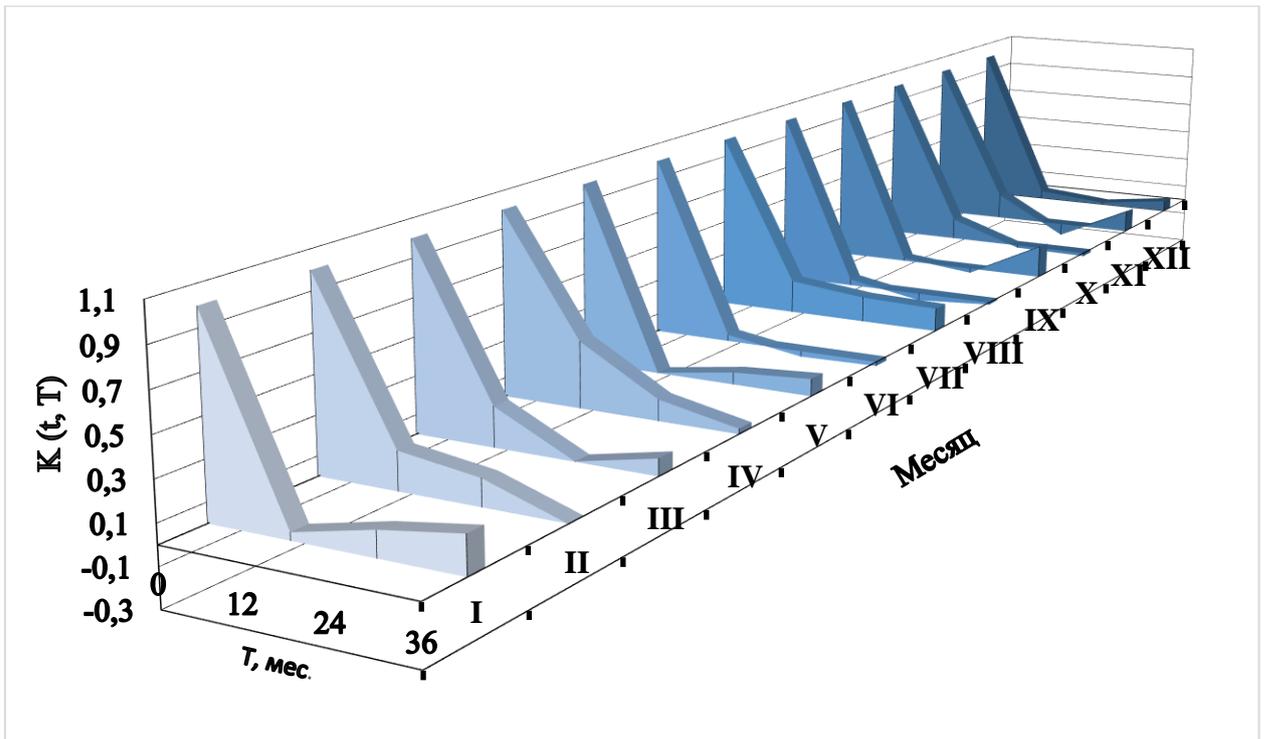


Рисунок 4.54 – Графики оценок межгодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) температуры воздуха м/с Белогорка

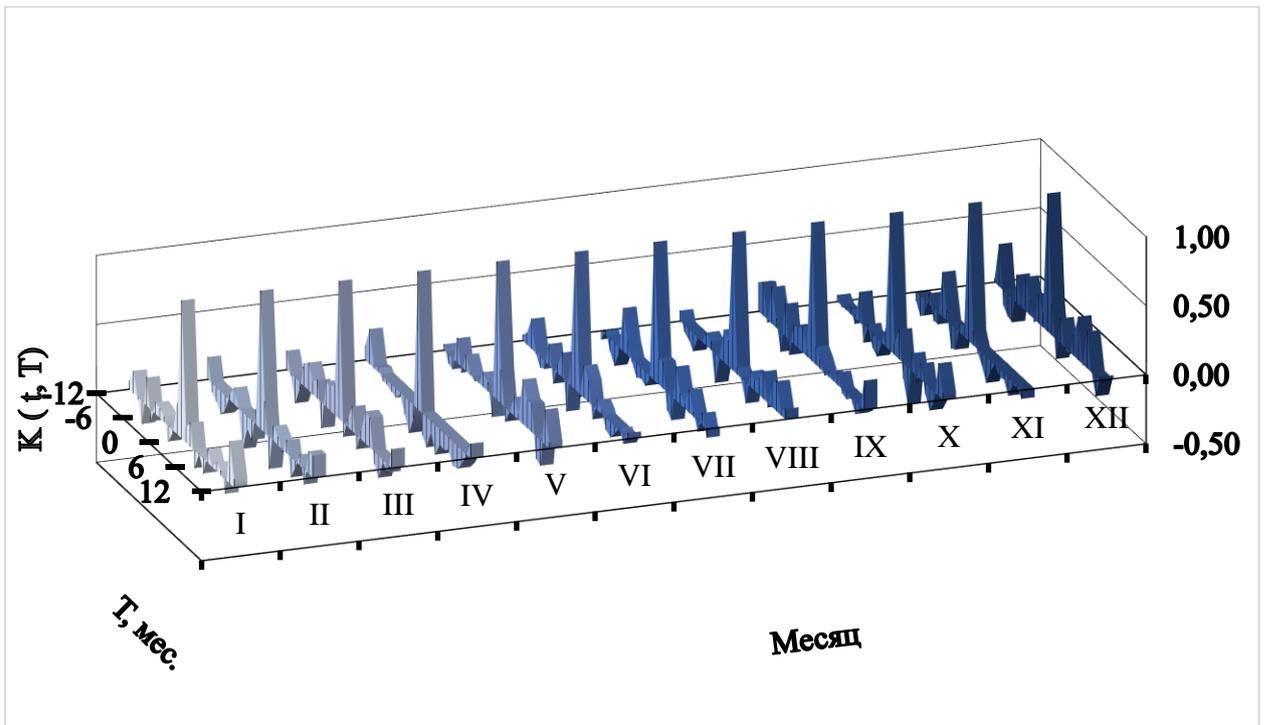


Рисунок 4.55 – Графики оценок внутригодовой коррелированности $K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ мес.}$) количества осадков м/с Белогорка

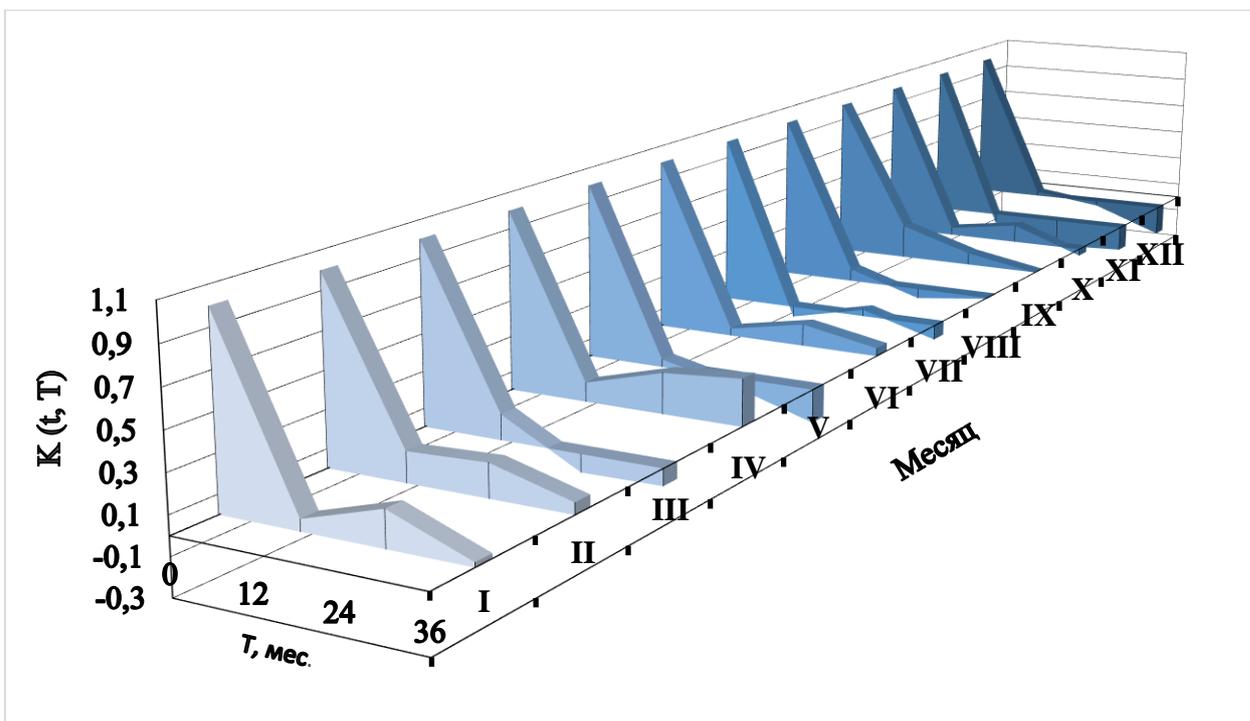


Рисунок 4.56 – Графики оценок межгодовой коррелированности

$K(t, \tau)$ ($\tau = 1 \text{ год}$) количества осадков м/с Белогорка

Значения параметров $AR(1)$ (ϕI), описывающих корреляционные зависимости внутригодовой изменчивости приведены в таблицах 4.16 – 4.17.

Таблица 4.16 – Значения параметров авторегрессии внутригодовых колебаний температуры воздуха

Метеостанция	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
Старая Русса	0,35	0,38	0,35	0,12	-0,01	0,22	0,41	0,25	0,22	0,31	0,10	0,34
Бологое	0,29	0,36	0,23	0,10	-0,02	0,24	0,43	0,24	0,24	0,29	0,06	0,33
Тихвин	0,30	0,34	0,13	0,10	0,00	0,23	0,40	0,24	0,28	0,27	0,11	0,35
Белогорка	0,36	0,35	0,24	0,11	0,00	0,19	0,38	0,19	0,35	0,30	0,15	0,37

Таблица 4.17 – Значения параметров авторегрессии внутригодовых колебаний количества атмосферных осадков

Метеостанция	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
Старая Русса	0,03	0,29	0,03	-0,05	0,27	-0,11	0,19	-0,09	-0,10	0,16	-0,02	0,11
Бологое	0,03	0,37	-0,18	-0,14	0,18	-0,04	0,13	-0,04	0,00	0,28	-0,06	0,28
Тихвин	0,17	0,35	-0,10	-0,12	-0,07	0,04	0,11	-0,03	0,01	-0,02	0,09	0,19
Белогорка	0,11	0,23	-0,10	-0,16	0,24	-0,02	0,19	0,05	0,13	0,08	0,10	0,23

Значения параметров $AR(1)$ (ϕI), описывающих корреляционные зависимости внутригодовой изменчивости температуры воздуха и осадков не значимы для всех месяцев года.

Амплитуда среднего многолетнего внутригодового хода температуры воздуха на станции Старая Русса составила $25,0 \pm 4,3$ °С, Бологое – $25,9 \pm 4,0$ °С, Тихвин – $26,1 \pm 4,2$ °С, Белогорка – $24,6 \pm 4,2$ °С.

Заключение

Выполненные расчеты и полученные оценки многолетних и внутригодовых колебаний водности рек, уровня озера и метеоэлементов позволили сделать следующие выводы. Так, для временного хода анализируемых процессов характерна разномасштабная изменчивость, которая проявляется в наличии долгопериодного колебания и колебаний меньшего масштаба. Для расходов воды и уровня озера характерны квази-30-ти летние колебания и циклы с периодами около 6-8 лет, 4-х и 2-х лет. На временных отрезках ограниченной продолжительности (период инструментальных наблюдений) долгопериодные колебания проявляются в виде ветвей подъема и спада значений (периодов локальной нестационарности). Так, за рассмотренный период на реках и озере наблюдались три цикла подъема и спада значений, которые происходили практически одновременно.

Многоводные и маловодные годы речного стока и годы низкого и высокого положения уровня озера группировались в циклы продолжительностью от 2 до 3 лет и наблюдались практически синхронно. Экстремально многоводные годы на всех рассмотренных реках пришлись на 1987 г. и 1990 г. Также на реках Мста и Волхов многоводье наблюдалось и в 1953 г. Экстремально маловодные годы на всем водосборе озера отсутствовали.

Для внутригодового хода водности рек и уровня воды в озере характерно наличие четко выраженного максимума и минимума. Так, на реках Мста, Ловать и Шелонь максимальные расходы наблюдались синхронно – в апреле, в период весеннего половодья, а на р. Волхов – в мае. Минимальные расходы на реках Ловать и Шелонь наблюдались синхронно – в июле, в период летней межени. Минимальные расходы на реке Мста пришлись на февраль, месяц зимней межени. На р. Волхов минимальные расходы наблюдались в марте ($356 \text{ м}^3/\text{сек.}$), в период зимней межени, и в сентябре ($353 \text{ м}^3/\text{сек.}$), в период летне-

осенней межени. В озере Ильмень максимальные значения уровня пришлись на май, а минимальные – на октябрь. Отклонения от средних многолетних значений («нормы») внутригодового хода проявляются на графиках оценок дисперсии в виде дополнительных максимумов значений, связанных с увеличением расходов при прохождении дождей в летний и осенний периоды, а также оттепелей зимой.

Совместный анализ графиков оценок математического ожидания и дисперсии внутригодового хода водности рек позволил уточнить вид межгодовой изменчивости процесса. Так, когеррентный ход графиков свидетельствует о межгодовой изменчивости преимущественно в виде амплитудной модуляции (усилении или ослаблении) половодий и паводков. Такой вид межгодовой изменчивости характерен для рек Ловать и Шелонь. Нарушение когеррентности хода графиков связано либо с влиянием на речной сток озер, расположенных по ходу течения реки (р. Мста), либо с регулирующей ролью озера (р. Волхов). В этом случае межгодовая изменчивость проявляется также и в виде фазово-частотной модуляции (изменении времени наступления и продолжительности половодий и паводков).

Ход температуры воздуха и атмосферных осадков показывает, что с конца 1980-х годов началось потепление климата. Результаты квантильного анализа достаточно четко отображают различные особенности временной изменчивости – на временном отрезке до 1980-х годов наблюдается квазистационарный характер, после 1980-х годов – линейный тренд на повышение.

Библиографическая запись. Библиографическое описание

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. Григорьев А.С. Вероятностные модели влияния климата на гидрологический режим озер: Автореф. Дисс., канд. физ.-мат. наук. – СПб., 2000. – 18 с.
4. Громов А.Ю. Применение цифровых фильтров Баттерворта в океанологии. В кн.: Режимобразующие факторы, информационная база и методы ее анализа. – Л.: Гидрометеиздат, 1989, с. 22 – 35.
5. Догановский А.М. Многолетние колебания уровня Ладожского озера // Современные проблемы гидрометеорологии. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006, с. 175 – 183.
6. Кириллова В.А. Озеро Ильмень // Природные ресурсы больших озер СССР и вероятностные их изменения. – Л. 1984.
7. Лемешко Н.А., Сперанская Н.А. Особенности увлажнения Европейской территории России в условиях изменяющегося климата // Современные проблемы гидрометеорологии. – СПб.: Астерион, 2006, с. 38 – 54.
8. 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.
9. 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.

10. Мякишева Н.В., Трапезников Ю.А. Авторегрессионная модель межгодовой изменчивости гидрометеорологических процессов // Вероятностный анализ и моделирование океанологических процессов. Л., 1984.

11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Ч. 1. – Л.: Гидрометеоздат, 1972.

12. Рожков В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. Книга 2. СПб. Гидрометеоздат. 2002. – 780 с.

13. Рожков В.А., Трапезников Ю.А. Вероятностные модели океанологических процессов. – Л.: Гидрометеоздат, 1990 – 270 с.

14. 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.

15. Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 2004. – 72 с.

16. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология» – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.

17. Влияние климатических и антропогенных факторов на гидрологический режим рек озера Ильмень [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_32880484_26252572.pdf. Дата обращения 23.02.2025.

18. Уровенный режим озера Ильмень [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42640647_92160928.pdf. Дата обращения 17.03.2025.

19. Об экологических проблемах Северо-Запада России // Решение НПК «Экологические проблемы Северо-Запада России» Петрозаводск, 21–22 февраля 2015 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

https://biodiversity.ru/news/forum/2015/Petrozavodsk_21-22_02_2015.pdf.

Дата обращения 29.03.2025.

Приложение 1 – Среднемесячные расходы и уровни воды

Таблица 1.1 – Среднемесячные расходы воды р. Мста – д. Девкино

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1945	25,2	31,3	38,9	374	238	103	56	70,1	134	249	203	71,5	133
1946	55,2	43,4	48,9	526	528	118	82,2	55,4	78,3	82	54,3	38,5	143
1947	27,7	24,6	25,6	552	381	117	65,8	48,9	39	48,4	56,5	55,3	120
1948	51,1	61,7	58,8	524	193	80,5	65,4	37,3	41	108	143	114	123
1949	58,2	59,8	64,1	498	312	300	126	88,6	54,9	83,2	80,1	152	156
1950	75,5	48	46,3	634	196	183	102	51,3	109	122	177	173	160
1951	79	50,6	54,3	678	141	117	86,3	47,9	37,6	36,3	36,8	43	117
1952	42,6	39,3	32,4	351	238	108	112	77,2	170	480	443	100	183
1953	65,2	60,6	54,3	830	209	141	453	459	351	479	219	257	298
1954	76,8	61,4	72,4	283	324	115	117	98,5	112	216	248	85,2	151
1955	78,4	99,8	83,8	304	1150	388	119	80,1	66,7	55,6	81,6	59,4	214
1956	53	46,4	56,2	409	878	114	95,4	92,5	80,8	120	88,5	173	184
1957	95	119	75,4	704	370	194	129	115	217	400	244	86,2	229
1958	102	79,4	99,1	525	702	121	104	108	78	198	220	127	205
1959	102	111	129	827	311	71,3	90,8	49,8	64,6	76,3	76,6	44,1	163
1960	44	38,7	41,1	546	192	80,3	64,2	37,8	50,5	48	64,7	214	118
1961	131	85	212	525	354	119	80,2	149	148	92,1	91,9	82,8	173
1962	78,5	74,9	72,4	868	329	151	273	130	267	162	201	87	224
1963	76,7	70	62,4	362	191	75,9	70,1	39,2	38,3	71	123	62,7	104
1964	55,3	45,4	45,9	382	261	106	55,9	37,8	39,7	70,6	125	94,9	110
1965	64,5	56,8	67,2	493	416	142	86,8	88,8	60,2	80,7	89,8	61,5	142
1966	53,8	48,3	70	1080	785	120	68,5	68,9	82,8	130	87,4	53,4	221
1967	46,4	42,8	77,2	555	355	182	96,3	65	77,1	156	205	90,7	162
1968	64,4	46,4	156	930	400	108	83,2	63,3	40,3	91	158	85,8	186
1969	55,5	40,2	40,7	450	476	152	76,9	57,3	52,2	92,5	245	220	163
1970	81,3	54,6	53,9	546	279	90,1	54,6	40,9	45,1	70	98,3	68,4	124
1971	70,7	92,9	75,9	501	162	96,5	62,8	42,3	57,5	121	114	78,2	123
1972	46,7	38,6	48,9	338	164	88,8	43,7	31	28,3	35,9	60,1	103	86
1973	40,4	31,9	40,8	512	194	76,4	44,9	35,9	42,4	60,5	112	70,9	105
1974	63,1	57,7	63	329	441	99,3	137	116	44,9	62,7	137	229	148
1975	182	105	191	516	123	73,8	41,8	37,6	36,7	36,7	26,7	36,8	117
1976	39,8	33,8	36,2	424	430	335	181	94,3	67,8	47	56,7	81,3	152
1977	61	48,2	57,9	650	324	162	136	163	132	214	255	107	193
1978	70,1	54,6	82,5	789	305	154	90,3	88,3	95,9	199	363	162	204
1979	71	52,6	63,9	375	347	66,5	61	109	58,1	174	87,1	136	133
1980	69,5	52,3	50,1	296	312	73,8	155	89,6	126	101	146	173	137
1981	129	104	100	502	406	95,1	52	39,8	67,5	232	302	131	180
1982	104	71,1	87,6	652	409	104	74,5	81,8	118	116	187	205	184

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1983	193	114	129	619	181	90,4	88,4	75,4	174	154	166	137	177
1984	165	103	74,8	696	340	143	81,3	160	116	205	185	176	204
1985	54,8	52	54,7	416	491	139	127	71,4	69,7	107	230	112	160
1986	99,5	81,6	258	1280	1010	116	114	78,9	320	362	262	257	353
1987	108	63,3	68,6	646	1250	277	280	775	354	370	90,9	87,5	364
1988	104	61,1	67,3	526	284	78,9	56,6	98,6	97,5	90,6	86,6	76,9	136
1989	103	254	530	445	160	67,8	54	169	123	192	213	112	202
1990	105	405	747	388	108	66,0	76,6	252	332	517	315	159	289
1991	138	97,5	186	766	302	368	252	143	86,9	92,6	184	165	232
1992	261	148	264	686	342	86,8	49,6	36,6	44,7	68,4	81,3	111	182
1993	128	131	183	722	386	71,6	57,7	116	140	123	88,6	51,2	183
1994	50,5	46,8	64,5	780	537	311	88,9	59,8	69,8	99,2	96,1	75,3	190
1995	109	131	362	540	339	102	56,4	39,4	49,5	95,8	103	77,1	167
1996	53,6	40,4	44,3	270	249	60,3	49,5	46	36,1	42,5	82,7	130	92
1997	61,8	62,1	249	457	454	122	64,2	38,2	38,9	85,3	244	97,0	164
1998	95,4	81,4	164	459	371	141	477	333	191	183	174	80,4	229
1999	106	101	111	1000	338	94,9	40,5	34,6	33,9	46,2	56,3	122	174
2000	89,8	84,6	119	794	222	59,1	216	131	120	88,2	149	151	185
2001	106	80	178	665	123	85,0	63,4	44,4	35,8	68,7	163	67,8	140
2002	56,4	220	330	443	127	53,0	47,6	31,2	31,6	41,9	60,8	39,8	124
2004	135	115	217	608	276	239	287	154	170	183	232	233	237
2005	288	139	100	476	291	261	123	77,5	63,1	54,9	90,3	101	172
2006	68,6	44,3	49,0	464	189	273	62,3	43,4	84,0	149	250	277	163
2007	416	191	336	253	160	74,2	68,2	79,3	51,9	78,8	92,7	93,5	158
2008	65,4	88,4	272	648	149	57,6	87,7	92,9	191	181	166	327	194
2009	123	119	120	580	458	236	136	130	78,1	221	253	207	222
2010	85,3	60,3	69,4	712	411	184	68,1	49,2	62,7	75,2	213	123	176
2011	111	110	93,6	814	635	123	78,7	67	61,3	130	129	285	220
2012	177	78,4	78,2	495	308	109	82,3	57,3	96,5	219	360	144	184
2013	113	101	77,1	556	446	124	75,4	69,2	56,7	61,5	235	228	179
2014	273	99,9	201	232	144	95,4	53,8	44,2	45,2	62,0	114	67,6	119
2015	87,5	76,9	209	421	204	64,0	43,2	58,6	42,0	53,5	74,9	160	125
2016	85,5	133	142	461	164	65,0	220	205	122	175	223	241	186
2017	178	93,4	355	638	377	156	407	297	192	260	234	221	284
2018	302	139	103	698	327	74,2	66,4	56,1	61,4	96,7	102	83,4	176
2019	57,9	70,6	181	422	142	72,6	81,6	166	142	359	791	391	240
2020	385	364	481	193	257	140	77,3	66,6	73,9	115	153	133	203
2021	84	61,7	109	490	275	67,2	43,1	58,3	80,4	100	227	178	148
2022	108	118	122	654	281	77,9	47,5	36	39,8	84,4	137	90,7	150

Таблица 1.2 – Среднемесячные расходы р. Ловать – г. Холм

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1945	9,77	11,5	27,6	458	161	27	48,7	106	137	302	111	45,9	120
1946	32,5	35,1	55,2	679	166	31,2	17,5	21,3	128	118	37	14,6	111
1947	9,35	10,4	28,7	496	124	91,3	19	18,9	22,8	29,9	35,5	105	82,6
1948	58,9	102	41,4	583	78,3	19,4	16	17,1	21,1	48,9	90,1	67,7	95,3
1949	20,5	17,9	32,4	422	111	32,6	19,8	38,5	24,7	27,8	28,1	50,6	68,8
1950	15,3	9,09	17,8	546	115	162	97,5	69,1	112	87	103	141	123
1951	45,2	21,9	42,1	539	105	54,7	23,1	9,66	8,42	9,01	9,32	17,2	73,7
1952	15,8	14	10,7	155	57,4	26,7	13,7	14,2	71,1	301	210	70,5	80,0
1953	52,8	31,4	57,7	628	118	55,1	86,2	78,8	201	184	103	85	140
1954	20,4	13,4	26,3	275	143	21	22,7	27,6	62,2	101	123	65,1	75,1
1955	48,6	82,9	44,3	329	539	207	32,4	18,5	14,5	21,8	34,7	20	116
1956	21,1	15,4	13,9	380	446	57,3	21,6	32,2	37	124	46,8	82,9	107
1957	47,1	105	69,8	499	208	112	97	223	258	304	139	53,8	176
1958	63	64,6	78,1	531	320	55,3	25,2	33,9	21,5	117	127	89	127
1959	101	74,5	109	671	123	29,5	12,8	8,96	12,7	22,4	23,6	8,7	100
1960	13,1	10,1	11	333	117	29,8	67,6	62,9	119	89,8	234	272	113
1961	116	63,2	215	251	99,8	24,1	22,7	76,6	84,7	49,9	66,3	90,1	96,6
1962	56,9	41	35,3	683	277	65,5	221	121	111	124	176	173	174
1963	43,4	28,9	24,8	298	170	26,4	8,68	18,2	14,2	39,2	66,3	25,6	63,6
1964	20,4	14,4	13,4	276	120	24,3	8,89	6,12	8,67	14,7	23,6	49,2	48,3
1965	36	24,9	26,8	412	222	108	22	15,7	17	21,4	21,3	21,3	79,0
1966	23,4	16,4	96,6	722	185	28,2	15	13,8	16,3	24,5	22,1	21,3	98,7
1967	12,8	12,2	76	331	134	54,3	26,1	13,3	14,9	36,9	12,8	48,7	64,4
1968	25,4	19,6	128	541	256	35,1	92,3	24,4	16,9	40,2	59,6	33,3	106
1969	19,5	15,2	12,3	263	136	44,6	15,7	11,2	12,4	15,5	70,6	81,8	58,2
1970	25,9	17	17,9	527	267	30,5	13	11,3	12,2	19,3	28,2	24,9	82,9
1971	25	40,5	49,2	314	72,3	23,9	26	13,4	16,1	38,3	57,3	37,6	59,5
1972	22,2	10,4	37,4	255	91,6	70,6	23,2	10,5	10	13,4	35,6	98,2	56,5
1973	19,2	10,5	36,4	267	118	34,8	13,9	9,4	13	21,7	40,9	29,4	51,2
1974	23,2	21,3	61,2	401	101	53	75,6	63,3	23,1	46,2	87,2	137	91,1
1975	161	73,3	151	404	99,8	35,2	13,3	10,8	12,9	13,5	11,6	14,3	83,4
1976	23,9	12,7	15,4	397	170	140	41,2	22,2	16,2	15,7	30	51,2	78,0
1977	21,7	14	78	509	77,6	25,3	35,7	113	75,3	65	202	47,8	105
1978	33,8	25,9	132	495	336	96,8	38	33,3	59,4	300	241	98,7	157
1979	35,1	27,4	51	309	266	35,6	29,2	97,5	37,2	32,9	31,9	76,2	85,8
1980	34,4	24,8	22,1	462	218	37,7	61	79,3	128	117	132	106	119
1981	119	69,9	123	381	153	36,2	23,5	14,5	56,8	132	206	96,8	118
1982	63,4	48,2	123	395	145	51	50,9	23,2	33,3	51,4	71,9	142	100
1983	126	94,4	163	295	145	39	22,4	18,3	15,5	17,8	18,2	49,1	83,6
1984	56,1	26,8	20,7	322	146	91,6	32	21	93,8	141	94,3	51,8	91,4
1985	28	23,8	23,1	491	229	61,4	34,4	34,4	113	167	187	80,3	123
1986	53,2	41,2	77,4	678	222	44,5	146	26,5	83,7	104	97,5	94,4	139
1987	55,2	33,3	35,3	618	731	369	277	1010	296	224	205	201	338

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1988	159	42,4	49,9	513	148	46,6	56,8	73,4	60,8	64,8	47,5	47,7	109
1989	113	328	337	239	70,1	46,0	34,7	109	61,3	79,2	136	100	138
1990	79,2	337	309	154	41,1	46,2	95,7	197	400	433	266	179	211
1991	85,2	59,5	238	366	206	354	142	46,6	41,2	47,0	73,8	69,9	144
1992	193	108	307	447	244	45,8	17,7	11,5	13,4	21,1	30,6	62,8	125
1993	79,6	111	174	371	82,2	22,6	24,8	65,4	115	130	69,7	34,0	107
1994	38,3	34,9	111	685	285	206	46,6	26,1	27,7	29,5	97,5	65,0	138
1995	37,3	128	386	293	184	62,8	25,8	15,5	17,8	55,6	63,3	35,7	109
1996	15,9	12,3	12,1	213	132	33,7	41,1	16,7	20,7	33,1	111	170	67,6
1997	62,2	55,0	271	257	218	378	85,0	24,7	27,8	123	232	121,0	155
1998	118	74,7	168	311	173	63,3	221	180	109	182	158	60,2	152
1999	101	63,7	99,7	763	187	32,0	15,3	9,74	7,03	11,6	18,7	49,9	113
2000	24,9	24,9	60,6	387	68,8	18,8	157	120	56,5	26,3	66,7	72,2	90,3
2001	47,7	45,3	190	367	109	47,4	24,1	23,4	24,9	29,4	73,2	33,7	84,6
2002	23,4	275	351	220	57,0	27,9	27,1	10,8	9,90	14,4	20,0	17,7	87,9
2004	94,5	80,6	319	463	112	36,7	33,7	21,6	70,4	47,3	142	152	131
2005	256	64,2	37,9	315	301	269	51,7	24,9	17,8	15,9	25,8	49,3	119
2006	29,1	12,3	13,6	375	103	178	15,1	28,6	231	184	199	161	127
2007	243	72,1	222	148	111	33,3	29,4	23,1	18,7	53,4	69,8	143	97,2
2008	43,7	83,1	322	283	90,9	35,7	34,7	30,3	53,5	98,8	117	171	114
2009	56,2	94,8	104	454	96,7	82,9	78,6	62,0	32,6	272	275	169	148
2010	58,2	34	74,9	653	207	91,8	27,3	16,1	24,1	29,3	86,1	54,2	113
2011	61,9	68,8	49,3	566	189	34,6	17,0	35,3	33,7	64,4	52,0	140	109
2012	96,4	42,9	78,5	562	188	72,4	57,9	27,4	33,1	91,9	201	111	130
2013	83,7	64,4	42,0	480	232	63,0	41,4	26,5	19,4	19,5	103	143	110
2014	112	51,5	113	111	37,2	24,7	11,3	8,55	11,0	22,0	24,8	18,6	45,5
2015	37,6	45,5	190	236	60,2	15,1	8,41	5,80	8,33	8,74	24,9	57,5	58,2
2016	32,2	85,5	164	233	171	41,5	69,7	46,6	22,1	31,8	107	129	94,5
2017	94,0	46,7	294	242	188	101	115	173	86,1	124	203	181	154
2018	263	95	62,7	349	104	23,0	24,3	14,0	12,0	13,6	19,3	17,8	83,1
2019	18,4	27,8	151	114	55,3	40,1	52,2	151	51,5	125	266	143	100
2020	182	155	189	104	86,3	46,8	26,5	16,0	24,8	28,8	47,8	68,0	81,3
2021	77	54,2	156	315	248	78	53,2	25,9	27	30	91,2	111	106
2022	73,2	101	142	392	116	44	37,1	18,1	16	58,8	68,4	57,7	93,7

Таблица 1.3 – Среднемесячные расходы воды р. Шелонь – д. Заполье

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1945	3,00	3,40	7,90	14	25,5	4,40	16,1	22,9	51,2	132	50,8	16,0	28,9
1946	4,90	3,90	16,9	411	58,2	24,0	5,90	9,40	56,1	49,8	26,6	18	57,1
1947	3,00	2,90	23,2	43	43,1	33,2	4,50	1,90	2,50	2,90	3,90	16,9	15,1
1948	9,00	17,5	7,5	260	19,6	4,80	5,30	1,90	2,80	15,0	40,3	39,9	35,3
1949	8,10	16,5	32,1	222	44	38,5	11,9	11,6	10,2	6,70	9,30	34,5	37,1
1950	5,40	2,80	8,3	230	21,4	39,4	49,1	19,4	46,6	58,9	118	117	59,7
1951	10,9	5,10	13,9	343	30,8	24,9	5,80	3,10	3,20	3,10	3,80	7,10	37,9
1952	7,00	5,10	4,70	136	21,3	7,10	4,30	2,50	22,7	184	127	31,2	46,1

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1953	26,3	15,0	52,3	349	19,1	27,7	27,9	30,1	62,2	56,1	50,1	35,6	62,6
1954	6,80	4,70	60,9	135	38,9	6,50	4,90	6,30	10,7	31,00	51,00	33,4	32,5
1955	23,6	42,6	15,9	174	276	66,2	8,40	3,70	2,90	4,00	8,20	7,50	52,8
1956	7,8	6,5	6,40	323	232	9,00	7,30	11	12,2	21,7	13	59,6	59,1
1957	23,6	54,4	17,3	268	92,6	16,8	15,1	48,9	145	68	52	13	67,9
1958	16,1	12,2	14,0	298	136	14,4	9,20	14,3	5,4	21,7	28,8	11,2	48,4
1959	14,5	26,8	81,7	317	23,4	6,80	5,10	2,50	3,20	4,9	7,10	2,70	41,3
1960	3,3	2,4	3,1	217	41,5	7,60	11,6	3,30	9,00	11,8	59,2	116	40,5
1961	33,1	26,1	84,0	104	23,8	5,10	3,50	20	13,2	7,30	13	15	29,0
1962	11,4	9,1	6,8	317	79,2	23,2	84,6	30,9	39,3	46,2	104	48,9	66,7
1963	7,80	5,50	4,60	180	46,4	5,4	2,90	4,40	4,80	10,1	26,3	8,7	25,6
1964	6,10	3,60	3,00	128	36,6	11,5	3,60	3,10	2,30	2,80	4,6	8,00	17,8
1965	7,50	7,00	8,90	257	47,7	12,9	5,00	6,30	5,20	4,20	6,6	5,00	31,1
1966	5,20	5,50	29,4	483	96,9	14,5	5,10	4,40	4,90	8,00	9,9	11,8	56,6
1967	4,60	4,50	75,7	176	62,6	25	10,5	4,10	3,40	11,1	40,8	16,0	36,2
1968	6,60	5,80	120	266	57	10	27,2	5,80	3,30	13,1	18,1	11,9	45,4
1969	4,80	3,70	4,2	148	108	10,5	3,50	2,20	2,00	2,50	14,5	20,9	27,1
1970	5,00	3,70	5,5	180	67,8	7,40	3,90	3,90	4,80	10,3	37,8	23,5	29,5
1971	22,9	34,8	39,1	236	28,7	11,4	4,3	3,4	4,4	8,8	17,1	11,5	35,2
1972	4,90	2,70	24,1	141	41,4	19,8	11,2	2,1	1,8	2,2	4,5	13,3	22,4
1973	3,20	1,90	19,2	59,9	39,3	7,30	2,20	1,50	2,10	2,60	5,20	6,80	12,6
1974	8,00	8,10	24,2	100	42,5	31,1	49,2	81,7	5,9	14	61,3	99,1	43,8
1975	83,1	22,4	85,0	200	27,7	9,6	3,50	2,60	2,30	2,40	2,40	4,00	37,1
1976	8,20	3,90	8,3	193	60,7	64,4	15,5	4,60	4,20	4,40	10	19,8	33,1
1977	8,00	4,60	25,0	209	27,9	5,20	3,80	8,30	12,1	26	45,8	14,2	32,5
1978	5,90	3,70	65,5	283	78,4	8,7	11,5	9,60	35,7	82,5	121	39,8	62,1
1979	8,30	8,10	35,0	236	102	6,3	6,3	15,00	7,40	8,70	13,5	30,2	39,7
1980	12,3	7,6	7,5	194	68,8	12,2	10,3	32,1	32	33,6	62,9	41	42,9
1981	31,6	13,6	57,9	220	48,2	10,2	5,00	7,40	37,3	89,7	123	52,6	58,0
1982	27,9	24,4	87	300	167	24,9	23,7	6,60	21	49,3	61,4	89,8	73,6
1983	76,2	35,7	83,8	207	45,2	19,7	7,00	3,50	2,70	4,00	5,70	32,7	43,6
1984	46,7	17,8	11,2	257	44,2	26,4	6,2	3,70	11,8	26	27,2	19,3	41,5
1985	7,8	5,2	6,3	229	45,6	15,6	16,6	36,7	42	95,6	99,2	20	51,6
1986	15,8	14,7	67,4	320	89,9	12,2	47,8	7,90	26	34,2	47,9	52,5	61,4
1987	17,5	7,8	16,8	359	277	119	82,1	551	147	170	161	164	172,7
1988	86	11,1	25	251	36,9	7,3	7,2	24,7	34,8	18	12,6	11,6	43,9
1989	79,8	172	155	51,8	22,1	30,2	11,4	64,5	25,8	50,1	70,5	52,0	65,4
1990	47,4	300	169	43,5	12,7	11,2	28,4	100	203	215	115	64,4	109,1
1991	32,9	18,9	71,0	187	63,9	79,1	34,3	15,9	11,6	14,8	59,7	32,7	51,8
1992	106	46,7	120	173	64,9	11,0	5,51	4,29	5,32	10,0	14,4	37,9	49,9
1993	55,0	38,3	83,2	176	31,7	10,1	6,74	9,01	10,1	21,4	11,3	8,92	38,5
1994	16,1	6,84	69,0	271	178,0	75,4	14,2	22,9	20,4	30,2	52,8	63,3	68,3
1995	14,6	109	137	183	73,8	43,3	11,2	9,58	5,10	10,6	17,3	10,4	52,1
1996	4,72	3,84	6,91	104	53,3	15,9	9,61	3,85	2,24	2,43	21,9	66,5	24,6
1997	12,3	32,7	111	132	118	155	24,3	5,53	3,23	16,2	84,9	31,0	60,5

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1998	33,2	65,3	83,2	164	52,3	105	143	32,2	40,8	37,6	64,9	13,6	69,6
1999	44,3	32,8	60,5	432	54,1	14,3	6,15	3,33	3,23	5,17	5,69	13,6	56,3
2000	7,22	13,5	35,8	136	15,7	5,96	27,2	31,5	29,6	9,11	45,8	27,4	32,1
2001	21,6	25,7	84,0	221	25,9	14,8	9,6	5,27	9,36	18,0	64,2	26,1	43,8
2002	20,8	203	126	80,1	27,7	6,45	5,07	1,91	1,68	2,05	4,23	3,56	40,2
2004	41,3	26,1	91,0	160	118	28,7	43,8	7,44	30,5	27,3	76,7	84,7	61,3
2005	138	63,9	23,5	155	143	73,9	8,48	9,63	4,14	4,08	15,7	16,7	54,7
2006	9,74	5,82	10,0	181	24,6	63,2	3,65	2,94	86,9	53,5	105	81,2	52,3
2007	109	20,7	126	43,0	64,5	13,6	8,10	3,17	3,17	10,6	16,6	36,7	37,9
2008	13,3	43,7	88,0	161	27,8	5,82	3,97	12,5	41,3	38,2	58,8	91,2	48,8
2009	25,5	23,5	32,8	211	37,6	80,3	64,1	19,8	43,5	152	142	77,7	75,8

Таблица 1.4 – Среднемесячные расходы р. Волхов – г. Новгород

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1945	110	96	85	723	923	642	410	309	353	785	704	485	469
1946	374	288	237	916	1810	1200	685	460	388	457	352	287	621
1947	187	144	115	798	1240	856	536	341	328	207	126	184	422
1948	173	210	206	961	998	608	396	260	201	282	443	450	432
1949	363	287	259	796	967	807	741	516	397	335	234	290	499
1950	242	82	153	844	989	770	722	439	421	528	514	583	524
1951	514	417	330	1240	1150	767	516	242	173	146	134	137	481
1952	178	140	111	411	632	422	297	252	293	888	1110	691	452
1953	660	518	428	1430	1400	983	813	1040	999	1250	1010	824	946
1954	594	467	384	685	830	634	434	323	294	438	654	467	517
1955	455	407	366	429	1980	1710	1100	760	454	295	208	233	700
1956	180	144	126	338	1980	1400	848	573	399	315	311	359	581
1957	377	378	371	1040	1430	1070	772	620	759	1160	1090	643	809
1958	570	434	370	806	1800	270	824	623	393	298	604	459	621
1959	414	441	413	1390	1590	975	631	377	200	151	237	223	587
1960	160	133	107	615	1020	688	457	253	252	308	278	678	412
1961	598	465	737	1230	1090	827	481	416	513	319	286	280	604
1962	267	265	207	1150	1570	1090	966	817	823	732	736	634	771
1963	510	387	290	613	984	654	353	151	420	128	291	284	422
1964	230	168	136	485	823	625	330	235	131	135	137	157	299
1965	216	191	174	594	1272	848	618	377	218	170	187	150	418
1966	89	150	147	1170	2320	1520	872	519	258	290	277	230	654
1967	81	35	230	924	1030	770	519	244	165	195	427	397	418
1968	309	235	246	1480	1570	1100	726	468	219	236	424	317	611
1969	242	90	159	596	1300	910	503	246	152	132	377	450	430
1970	342	271	235	885	1350	829	446	215	131	183	337	290	460
1971	291	318	262	1150	940	535	288	203	135	108	241	287	397
1972	222	164	144	688	661	426	219	116	64	44	97	279	260
1973	167	137	160	642	648	470	194	77	73	108	223	238	261
1974	310	281	260	707	879	712	620	585	338	151	423	385	471
1975	661	639	705	1390	1130	730	369	138	98	82	73	107	510

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1976	155	141	40	697	1140	994	713	581	325	163	134	241	444
1977	259	218	205	920	1160	767	464	356	328	447	594	372	508
1978	340	258	271	1218	1424	1052	637	471	395	493	717	595	656
1979	489	350	301	837	1166	810	514	410	277	189	181	269	483
1980	264	221	188	535	928	701	428	342	408	393	374	493	440
1981	568	485	403	1074	1236	883	525	280	194	441	817	546	621
1982	531	485	484	1287	1312	1007	672	422	291	317	504	350	639
1983	573	543	513	1295	1103	761	490	310	162	191	250	437	552
1984	542	444	352	1046	1047	780	525	347	248	460	521	330	554
1985	267	196	190	652	1220	898	666	454	369	369	601	465	529
1986	406	336	16	1175	1465	1005	676	493	522	619	634	496	654
1987	381	309	240	611	1276	1215	1062	1144	1152	1195	626	511	810
1988	520	435	360	1117	1160	747	490	315	316	244	222	241	514
1989	306	652	1210	1260	991	608	400	344	358	327	495	398	612
1990	443	849	1570	1570	1030	635	419	384	779	1200	1240	1000	927
1991	798	677	713	1530	1440	1280	981	784	525	372	422	433	830
1992	572	605	739	1470	1500	1020	589	296	179	109	116	239	620
1993	318	407	473	1250	1340	774	455	306	319	430	343	250	555
1994	208	157	200	1140	1540	1440	995	605	419	309	239	326	632
1995	441	558	818	1370	1320	959	666	453	430	457	475	441	699
1996	362	385	531	1170	1170	774	591	475	368	301	316	292	561
1997	446	477	654	1230	1180	857	626	451	388	371	407	401	624
1998	465	427	577	904	1140	836	877	965	887	750	651	481	747
1999	458	441	428	1510	1730	1160	664	343	171	121	102	151	607
2000	259	256	343	937	952	604	562	644	549	395	400	449	529
2001	398	329	442	1260	1100	724	492	256	136	152	329	275	491
2002	232	476	866	1230	913	547	361	166	95,1	87,8	99,3	103	431
2004	625	532	596	1580	1300	998	885	620	560	478	610	620	784
2005	800	694	573	1000	1160	1080	858	617	350	150	169	195	637
2006	240	196	148	731	787	823	537	289	333	456	604	833	498
2007	876	674	895	1030	804	581	365	269	202	174	208	269	529
2008	232	270	645	1200	941	589	407	294	319	416	502	461	523
2009	480	456	480	987	1060	873	750	612	541	660	954	895	729
2010	600	492	432	1440	1440	1060	718	369	290	236	368	385	653
2011	372	377	375	1090	1590	1090	707	466	346	383	373	646	651
2012	540	438	383	902	1260	844	598	367	304	441	724	480	607
2013	523	480	386	783	1360	1120	668	496	284	217	446	486	604
2014	618	465	547	600	579	434	250	189	166	125	135	158	356

Таблица 1.5 – Среднемесячные уровни оз. Ильмень – д. Войцы

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1960	201	177	156	297	503	406	337	284	277	264	296	391	299
1961	418	377	417	519	521	448	344	301	313	278	264	276	373
1962	263	252	233	457	628	533	502	462	432	414	402	464	420
1963	408	343	288	328	479	377	285	247	235	237	274	276	315

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1964	242	210	181	255	433	383	296	239	201	187	204	224	255
1965	239	220	204	296	552	478	376	299	262	238	242	228	303
1966	220	201	203	492	574	606	454	333	274	267	267	252	345
1967	222	194	200	396	491	412	326	262	239	242	305	318	301
1968	274	231	206	562	609	508	400	325	266	252	298	282	351
1969	250	218	184	258	497	446	332	264	229	224	243	323	289
1970	303	258	213	350	535	421	309	249	224	227	241	254	299
1971	233	244	226	427	436	342	292	248	217	227	262	256	284
1972	225	185	153	287	365	321	277	242	220	220	234	242	248
1973	230	202	178	329	389	342	284	258	253	256	280	296	275
1974	289	239	308	349	442	398	340	326	275	252	300	347	322
1975	429	414	393	548	522	402	304	251	230	220	216	215	345
1976	211	188	163	317	522	479	462	359	280	253	249	277	313
1977	268	233	208	399	520	413	319	296	281	300	332	383	329
1978	297	251	228	473	584	491	379	295	250	297	363	433	362
1979	366	301	252	398	533	438	320	276	229	209	209	255	316
1980	255	226	230	266	472	399	297	256	280	265	301	357	300
1981	375	333	295	474	545	441	324	240	217	275	398	431	362
1982	408	354	310	516	573	482	378	285	243	241	269	306	364
1983	374	379	331	539	527	422	319	248	214	219	252	291	343
1984	347	324	268	432	511	428	336	262	234	279	315	291	336
1985	260	225	192	318	543	468	385	305	266	289	357	363	331
1986	324	285	244	494	623	503	397	322	301	343	340	364	378
1987	329	278	233	323	561	554	496	508	514	492	402	376	422
1988	366	335	274	454	519	410	313	261	257	244	240	239	326
1989	237	364	502	547	484	364	284	275	273	252	324	317	352
1990	323	404	618	622	500	378	290	298	420	564	581	566	464
1991	509	447	402	570	582	549	519	426	335	269	261	313	432
1992	374	379	375	565	594	492	354	257	205	180	202	233	351
1993	247	302	300	488	541	418	307	261	263	281	279	238	327
1994	202	180	175	450	609	590	484	356	277	239	234	264	338
1995	264	268	434	531	573	480	360	264	215	205	214	235	337
1996	217	187	171	223	370	312	265	236	218	216	232	297	245
1997	290	260	361	435	517	480	435	317	244	235	309	352	353
1998	335	335	378	414	520	437	445	483	455	408	418	375	417
1999	346	346	320	582	670	527	381	275	222	205	201	218	358
2000	241	237	250	414	492	383	348	377	330	274	268	305	327
2001	307	284	315	509	431	409	321	249	216	212	254	261	314
2002	238	304	443	528	474	361	280	217	190	181	177	172	297
2004	162	151	148	228	379	377	397	351	351	371	429	455	317
2005	449	398	378	595	578	500	448	374	333	311	370	394	427
2006	451	469	395	445	539	545	476	366	277	235	232	246	390
2007	245	218	187	328	444	451	378	299	303	314	370	420	330
2008	477	494	472	511	455	378	288	249	215	208	227	249	352
2009	264	256	364	494	494	388	303	258	231	233	251	269	317

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
2010	475	435	430	499	568	497	418	366	345	365	464	503	447
2011	439	365	302	551	610	523	412	301	261	232	264	312	381
2012	297	294	271	443	636	527	405	303	261	250	256	321	355
2013	380	352	299	404	555	457	375	297	257	257	342	377	363
2014	366	329	290	352	579	527	409	321	257	235	265	313	354
2015	366	342	314	360	354	319	275	236	208	210	215	221	285
2016	242	241	306	409	441	350	260	214	204	203	209	217	275
2017	228	251	291	377	446	367	319	344	311	281	296	367	323
2018	394	346	382	524	560	489	463	498	463	427	444	429	452
2019	488	467	403	482	573	450	342	277	242	234	241	242	370
2020	232	241	275	432	391	324	272	289	317	358	547	575	354
2021	566	538	558	511	452	403	328	266	233	221	234	248	380
2022	253	238	249	406	479	432	363	293	267	248	279	338	320

Приложение 2 – Среднемесячные значения температуры воздуха и количества атмосферных осадков

Таблица 2.1 – Среднемесячные значения температуры воздуха на метеостанции Старая Русса

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1945	-7,2	-5,3	-4,9	4,2	9,0	14,0	18,8	17,1	9,5	2,8	-1,5	-8,2	4,03
1946	-6,6	-9,4	-4,1	4,0	10,9	17,7	18,1	16,5	11,4	1,0	-2,7	-5,0	4,32
1947	-8,6	-15,3	-6,4	4,6	10,4	17,4	17,2	15,8	11,4	3,3	-2,0	-4,0	3,65
1948	-6,7	-10,2	-4,2	5,6	14,8	18,1	16,3	15,8	10,5	4,8	-0,3	-2,4	5,18
1949	-3,1	-4,3	-2,0	5,0	13,4	15,1	17,0	14,6	12,4	5,1	1,6	-1,3	6,13
1950	-15,4	-5,5	-2,9	7,8	11,4	14,8	15,5	14,5	11,7	5,1	0,0	-2,2	4,57
1951	-9,9	-8,5	-5,1	6,7	8,6	15,5	16,0	17,6	11,6	3,5	-2,4	-1,2	4,37
1952	-2,6	-5,8	-11,5	5,5	9,2	14,6	17,0	15,1	9,7	3,8	-0,8	-3,9	4,19
1953	-9,4	-14,0	-3,7	5,5	10,6	17,4	17,6	15,7	9,6	6,8	-1,1	-3,9	4,26
1954	-11,5	-14,5	-1,1	2,1	12,4	17,6	17,9	15,8	10,7	5,3	-0,6	-2,0	4,34
1955	-5,9	-7,3	-7,2	-0,9	9,1	13,5	17,3	17,6	13,1	7,5	-2,0	-13,3	3,46
1956	-9,9	-17,2	-8,0	0,4	10,3	18,8	15,0	13,3	8,3	4,5	-3,3	-3,0	2,43
1957	-3,1	-1,7	-7,2	4,7	12,1	14,2	18,2	15,5	10,5	6,0	0,9	-3,8	5,53
1958	-7,6	-8,5	-7,1	2,4	11,7	14,1	16,4	14,5	9,8	6,5	1,5	-6,9	3,90
1959	-4,0	-4,1	-1,9	5,5	10,6	16,4	19,1	17,1	8,6	3,8	-2,7	-9,6	4,90
1960	-11,2	-9,8	-7,2	3,7	12,2	16,9	19,3	15,7	9,1	2,8	-1,0	1,4	4,33
1961	-4,4	-0,7	0,7	4,2	11,6	18,0	17,2	14,9	9,8	6,8	1,0	-5,6	6,13
1962	-3,3	-5,6	-8,1	6,5	11,0	13,0	15,8	14,2	10,4	6,6	1,4	-6,8	4,59
1963	-15,3	-11,4	-10,8	2,7	16,0	13,8	18,5	17,3	12,8	5,7	-0,4	-7,7	3,43
1964	-5,2	-10,4	-7,3	4,0	11,2	17,4	18,4	15,0	10,6	7,5	-1,9	-4,0	4,61
1965	-7,3	-11,0	-4,2	2,8	8,3	15,8	15,2	14,8	12,4	4,4	-6,6	-3,2	3,45
1966	-13,4	-11,6	-1,3	3,7	13,4	17,3	17,9	15,2	9,2	6,1	-0,5	-8,4	3,97
1967	-14,6	-7,5	1,4	5,2	14,2	15,2	16,7	16,3	12,2	9,1	2,7	-9,9	5,08
1968	-17,1	-8,1	-1,8	4,9	10,4	16,9	14,8	17,3	10,7	3,1	-1,9	-3,6	3,80
1969	-14,0	-9,5	-7,5	4,6	10,7	14,9	16,8	15,6	10,0	5,0	1,1	-8,7	3,25
1970	-12,1	-10,6	-1,0	5,1	12,1	16,2	17,9	15,8	10,7	4,7	-1,0	-5,7	4,34
1971	-2,8	-7,5	-3,8	4,1	12,2	15,9	16,6	16,2	10,1	4,3	-1,8	-3,8	4,98
1972	-14,1	-5,0	-2,1	4,1	11,4	18,2	21,1	19,0	11,1	4,4	0,3	0,1	5,71
1973	-7,7	-4,2	-1,2	5,6	12,0	17,1	19,1	15,5	7,6	3,4	-2,0	-6,6	4,88
1974	-8,1	-0,8	-0,1	2,9	8,3	16,0	17,5	15,3	12,9	7,3	1,6	-0,5	6,03
1975	-2,2	-5,7	0,9	7,0	14,6	15,2	18,3	15,6	12,9	4,8	-1,8	-2,8	6,40
1976	-11,4	-10,3	-3,5	3,8	10,6	12,8	16,7	14,1	9,6	-0,3	0,2	-3,9	3,20
1977	-8,5	-7,3	-2,3	6,1	12,9	16,2	17,5	14,9	8,9	4,3	2,6	-7,3	4,83
1978	-7,7	-10,2	0,0	3,7	10,7	14,4	16,1	14,8	9,0	3,6	3,0	-15,9	3,46
1979	-9,8	-10,8	-0,8	3,3	14,6	16,8	15,7	16,7	10,7	4,2	0,4	-3,5	4,79
1980	-10,3	-8,3	-6,3	5,6	8,0	18,2	16,7	14,8	10,9	6,0	-2,0	-3,5	4,15
1981	-5,4	-5,2	-4,4	2,5	13,8	17,1	19,3	15,4	10,8	8,0	-0,1	-5,6	5,52
1982	-10,9	-8,0	0,1	4,6	11,4	12,9	17,3	15,7	10,9	5,5	3,2	-0,6	5,18
1983	-2,2	-9,1	-2,1	7,9	15,1	14,5	17,5	16,1	12,2	6,3	-0,2	-2,6	6,12

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1984	-3,5	-7,5	-3,3	6,9	15,0	14,6	16,4	14,8	11,4	7,6	-1,5	-5,5	5,45
1985	-13,8	-17,0	-1,1	3,7	12,4	14,0	16,0	18,4	10,0	7,5	-1,9	-7,0	3,43
1986	-6,0	-13,1	0,0	5,5	12,5	17,4	17,9	15,0	7,7	4,9	2,4	-7,8	4,70
1987	-18,6	-5,0	-7,1	2,3	11,4	15,4	15,9	13,9	9,5	5,0	-1,6	-6,0	2,93
1988	-5,4	-4,5	-0,3	4,3	14,5	18,4	20,5	15,4	11,7	5,2	-4,8	-6,6	5,70
1989	-0,9	0,8	2,4	8,1	13,0	18,5	18,1	16,0	12,2	5,8	-1,3	-5,0	7,31
1990	-4,1	1,8	2,1	7,8	10,6	14,4	16,7	15,6	9,2	5,8	0,4	-2,5	6,48
1991	-4,2	-5,8	-0,3	6,2	11,0	15,9	17,6	16,5	11,1	6,6	2,6	-1,9	6,28
1992	-3,2	-2,7	1,8	4,4	12,5	16,3	18,3	17,2	12,7	1,5	-3,2	-2,1	6,13
1993	-3,4	-3,0	-1,8	4,6	14,7	13,5	16,6	14,6	6,6	4,5	-7,4	-2,8	4,73
1994	-3,5	-13,3	-1,9	7,8	10,0	14,5	19,1	15,9	12,8	4,8	-1,6	-5,6	4,92
1995	-5,5	-0,3	1,6	6,2	12,7	19,6	16,7	16,3	11,9	7,5	-2,8	-9,3	6,22
1996	-9,0	-11,5	-3,7	5,5	13,2	15,5	16,5	17,2	8,5	6,3	3,9	-6,7	4,64
1997	-5,7	-3,3	-0,9	3,4	9,7	17,1	19,2	18,0	9,1	3,4	0,0	-6,9	5,26
1998	-2,0	-6,3	-2,6	5,0	13,0	17,8	17,6	14,7	11,0	5,6	-7,6	-5,6	5,05
1999	-5,9	-8,4	-0,2	9,4	8,5	21,1	20,3	15,3	12,0	6,9	-1,5	-1,1	6,37
2000	-5,4	-3,4	-0,3	9,2	11,1	15,5	17,6	15,9	9,4	8,2	2,2	-1,5	6,54
2001	-2,7	-7,6	-2,9	9,5	11,3	15,8	21,8	16,3	11,8	6,3	-1,0	-10,9	5,64
2002	-4,6	-0,4	1,5	6,7	12,6	16,5	20,8	18,0	10,6	1,3	-1,6	-11,6	5,82
2004	-8,6	-6,5	-1,8	4,0	13,9	13,1	20,7	16,2	11,3	4,9	1,6	-1,0	5,65
2005	-8,3	-6,4	-0,8	5,5	10,9	14,8	17,9	17,6	12,5	6,0	-1,0	-1,0	5,64
2006	-1,6	-8,4	-6,4	6,2	11,9	15,2	19,0	17,2	12,9	6,4	1,9	-4,2	5,84
2007	-7,8	-12,0	-5,2	5,5	11,4	16,9	18,4	17,2	13,5	8,0	1,7	2,6	5,85
2008	-2,9	-13,7	4,3	5,5	13,7	16,4	17,7	18,7	11,4	6,9	-1,4	-0,4	6,35
2009	-2,7	-0,2	1,1	7,7	11,1	15,0	17,6	16,5	10,2	8,2	2,1	-1,5	7,09
2010	-4,0	-3,8	-0,9	5,5	12,2	15,5	18,0	15,6	13,1	4,3	2,4	-5,3	6,05
2011	-14,5	-8,2	-1,8	6,7	14,9	17,0	23,7	19,1	11,1	3,8	0,4	-9,3	5,24
2012	-6,0	-11,7	-1,9	6,3	11,9	17,7	21,8	17,2	12,0	6,6	2,7	1,3	6,49
2013	-6,2	-11,9	-1,4	6,2	13,0	15,1	19,4	15,6	12,1	6,2	2,3	-7,7	5,23
2014	-8,2	-3,9	-7,4	4,8	16,0	19,0	18,0	17,2	10,9	6,4	3,8	-0,2	6,37
2015	-9,0	-0,7	2,4	6,8	13,9	15,0	20,2	17,3	11,9	3,9	-0,6	-2,8	6,53
2016	-2,4	-2,0	2,3	5,8	12,2	16,1	16,9	16,6	13,1	3,9	2,1	1,6	7,18
2017	-11,8	0,4	0,1	6,7	14,2	16,8	19,1	17,0	12,0	4,2	-2,4	-2,2	6,18
2018	-5,6	-3,9	1,6	3,9	9,7	13,5	16,0	17,1	12,2	5,3	1,5	-0,1	5,93
2019	-3,2	-9,0	-4,3	6,9	14,8	15,3	19,5	17,9	13,5	6,5	0,8	-3,9	6,23
2020	-6,3	-0,3	1,0	6,7	12,7	18,4	15,4	15,4	11,0	7,1	2,5	1,7	7,11
2021	1,5	0,8	2,5	4,3	10,0	19,2	16,9	16,2	13,3	9,1	3,1	-1,4	7,96
2022	-5,2	-9,5	-0,3	6,0	12,2	19,7	21,2	16,0	9,5	6,5	2,1	-7,4	5,90

Таблица 2.2 – Среднемесячные значения атмосферных осадков на метеостанции Старая Русса

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1967	37,4	17,0	30,2	43,8	46,6	90,4	64,1	73,2	52,0	73,2	53,6	41,6	51,9
1968	38,9	21,4	46,9	69,0	73,6	96,1	124,8	46,1	50,7	81,7	34,4	31,4	59,6
1969	17,0	13,0	13,0	56,8	45,1	10,6	52,0	37,4	45,0	55,6	108,2	43,4	41,4
1970	40,1	19,4	17,5	68,5	13,6	75,5	97,5	75,1	91,2	47,1	56,6	50,2	54,4
1971	20,8	32,1	42,5	23,8	11,3	116,8	40,3	53,6	42,2	62,8	32,2	37,0	43,0
1972	6,3	11,6	39,7	28,6	46,8	25,1	52,4	7,1	49,2	47,3	60,8	17,4	32,7
1973	11,4	47,4	36,0	39,5	39,6	86,0	66,9	34,5	90,4	54,8	82,0	40,6	52,4
1974	19,5	23,6	7,2	19,7	53,3	47,4	118,9	47,8	32,1	81,8	82,8	63,9	49,8
1975	49,5	20,4	37,2	86,6	52,7	94,4	28,3	53,6	26,4	25,7	42,4	65,3	48,5
1976	52,8	15,7	45,1	64,7	44,8	142,5	31,8	45,5	34,0	38,0	41,7	59,4	51,3
1977	13,1	50,9	34,2	48,8	20,3	29,7	99,1	62,7	77,8	52,2	41,7	41,9	47,7
1978	30,6	36,4	50,2	71,7	24,3	57,9	84,3	71,2	78,6	57,4	76,3	24,5	55,3
1979	21,0	31,8	28,5	11,6	26,2	20,1	82,3	107,1	39,1	17,3	48,8	42,1	39,7
1980	44,9	33,0	11,4	18,2	44,4	41,8	69,6	183,3	30,8	69,7	31,7	45,9	52,1
1981	35,8	23,5	35,7	8,4	23,7	53,0	33,1	90,3	80,3	116,5	55,9	80,2	53,0
1982	17,3	13,3	21,4	38,6	58,5	68,9	84,1	53,0	75,2	40,1	42,5	68,7	48,5
1983	44,3	24,5	36,2	43,1	40,2	47,7	44,0	52,2	70,2	59,3	82,7	60,5	50,4
1984	41,0	7,2	25,6	18,3	80,7	104,9	79,2	34,1	98,8	46,3	21,1	32,7	49,2
1985	49,3	24,4	21,1	22,4	30,8	112,5	61,5	32,0	121,8	62,5	57,1	36,6	52,7
1986	71,2	17,2	41,1	34,3	23,3	45,0	77,4	69,2	93,2	31,4	41,0	55,5	50,0
1987	28,3	37,5	15,1	15,6	81,5	109,8	56,6	134,0	101,1	5,8	45,7	37,7	55,7
1988	18,3	22,3	32,3	18,5	36,3	64,2	76,7	75,1	51,3	26,0	54,6	53,6	44,1
1989	34,2	22,8	48,9	26,6	24,2	59,1	58,7	172,1	27,8	63,9	36,8	46,7	51,8
1990	74,4	59,6	60,9	3,7	36,6	36,1	231,0	173,3	101,0	65,1	54,4	22,3	76,5
1991	36,0	35,5	46,8	32,7	64,7	104,0	89,8	43,3	47,8	37,2	78,4	32,0	54,0
1992	56,0	38,8	50,2	46,1	58,2	20,9	28,5	40,2	39,7	70,3	57,0	54,9	46,7
1993	48,2	40,6	23,8	57,9	43,3	54,6	67,7	96,9	51,8	41,8	0,7	45,9	47,8
1994	49,8	6,4	66,4	43,0	108,3	71,1	37,0	61,8	85,1	32,5	57,7	40,3	55,0
1995	64,0	53,2	43,6	56,4	43,3	58,6	73,8	25,3	70,3	48,3	44,7	30,2	51,0
1996	14,4	30,3	9,2	14,4	55,6	57,3	91,9	12,2	61,3	52,6	88,7	38,0	43,8
1997	35,8	47,9	20,7	58,6	58,5	118,4	3,1	30,5	66,1	87,8	76,7	44,6	54,1
1998	46,4	24,7	29,8	15,4	66,0	123,2	158,2	116,0	66,0	41,9	27,5	63,0	64,8
1999	75,7	42,8	29,8	29,7	32,0	37,7	35,0	61,6	48,6	47,2	32,6	63,7	44,7
2000	42,3	31,0	32,9	65,3	61,7	86,6	135,1	98,2	23,8	35,5	30,3	44,9	57,3
2001	29,0	50,3	60,3	45,7	24,1	76,7	119,7	34,5	42,3	58,8	69,5	38,0	54,1
2002	39,7	48,6	32,6	13,1	8,6	73,4	31,7	2,3	65,0	45,7	58,9	37,7	38,1
2004	44,1	17,4	12,8	32,1	74,0	141,7	52,2	177,5	14,5	140,3	52,0	54,1	67,7
2005	39,9	48,5	39,1	8,1	81,2	93,3	98,9	115,5	57,3	68,6	26,2	59,3	61,3
2006	47,9	13,9	19,1	37,3	91,1	61,6	45,4	21,7	27,8	28,9	58,1	41,3	41,2
2007	22,9	12,8	12,1	36,0	61,7	64,2	35,0	89,6	46,1	116,4	48,6	26,9	47,7
2008	74,5	26,6	21,4	30,1	79,0	15,4	113,0	45,5	19,0	82,5	50,6	19,7	48,1
2009	34,5	50,1	44,5	52,5	43,5	21,0	83,5	135,6	92,4	53,2	43,6	51,7	58,8

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
2010	58,2	42,4	28,2	39,9	63,4	155,4	131,3	72,1	61,1	134,4	72,6	61,1	76,7
2011	13,4	60,7	52,1	19,4	42,9	99,1	39,2	95,4	65,5	48,3	83,9	54,7	56,2
2012	69,1	31,1	18,8	14,7	47,3	40,6	80,2	123,4	99,1	59,7	32,7	56,7	56,1
2013	48,4	39,0	46,2	55,4	36,4	95,7	35,9	72,9	80,9	77,8	83,7	43,2	59,6
2014	31,5	19,7	11,2	37,1	155,2	85,3	56,9	74,6	35,7	35,7	85,7	39,2	55,7
2015	29,4	38,8	36,2	20,0	86,1	79,6	16,7	109,5	32,8	54,5	46,0	47,5	49,8
2016	59,8	26,4	13,5	92,5	21,1	25,5	77,1	33,5	48,1	13,0	72,7	38,0	43,4
2017	56,4	32,2	25,5	75,5	82,0	53,5	150,3	135,6	51,8	52,8	70,2	32,7	68,2
2018	44,0	28,8	35,7	61,6	64,1	157,9	133,4	83,7	56,7	79,3	30,0	55,4	69,2
2019	57,5	36,1	16,0	58,4	40,0	36,0	167,3	85,8	52,0	43,4	30,3	32,8	54,6
2020	42,5	44,7	42,6	4,4	75,1	50,9	114,6	121,3	50,6	107,9	138,6	57,4	70,9
2021	22,7	49,1	37,1	45,6	37,1	59,2	63,2	34,3	57,1	59,3	45,0	45,7	46,3
2022	27,8	44,2	22,9	49,7	73,1	140,3	16,9	202,2	42,8	36,1	87,3	60,4	67,0

Таблица 2.3 – Среднемесячные значения температуры воздуха на метеостанции Бологое

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1945	-9,4	-6,5	-5,9	2,3	7,6	13,4	17,6	16,8	9,5	1,8	-3,2	-10,3	2,81
1946	-7,3	-10,8	-3,9	3,7	10,0	17,5	18,1	16,5	10,5	0,2	-3,7	-7,4	3,62
1947	-10,1	-15,6	-5,7	3,9	9,6	16,6	16,7	15,2	10,9	2,6	-2,7	-4,8	3,05
1948	-8,0	-11,7	-4,5	4,8	14,1	17,4	15,2	15,6	9,7	4,0	-1,5	-3,7	4,28
1949	-3,8	-6,2	-3,3	3,9	12,7	14,4	16,3	14,4	12,1	4,3	-0,4	-3,7	5,06
1950	-17,0	-7,0	-2,6	7,7	9,9	14,0	14,5	13,0	10,7	4,5	-0,7	-4,5	3,54
1951	-11,3	-10,2	-5,0	6,4	7,6	15,1	15,8	17,3	11,0	2,4	-4,4	-2,2	3,54
1952	-4,0	-7,4	-10,8	5,5	8,6	14,6	16,2	14,9	9,6	2,5	-2,0	-5,0	3,56
1953	-10,4	-15,2	-3,1	5,8	9,8	17,2	17,3	15,5	8,7	5,4	-2,7	-5,5	3,57
1954	-12,6	-13,6	-2,2	1,7	11,5	16,8	18,5	16,0	10,8	4,5	-2,2	-4,0	3,77
1955	-7,2	-7,8	-7,1	-0,6	8,4	13,0	16,7	17,2	13,0	6,6	-3,6	-15,8	2,73
1956	-11,4	-18,2	-4,6	0,8	9,6	19,0	14,0	13,2	7,6	3,3	-5,0	-4,1	2,02
1957	-4,8	-2,5	-7,4	4,6	11,8	13,6	17,7	15,1	9,7	4,8	-0,7	-5,0	4,74
1958	-8,4	-8,7	-7,2	1,8	10,7	13,1	16,0	13,8	8,5	5,2	-0,2	-9,2	2,95
1959	-5,0	-5,0	-1,9	4,2	9,8	16,1	18,6	16,0	7,4	1,7	-4,6	-10,4	3,91
1960	-12,6	-9,9	-6,4	3,6	11,2	16,6	19,7	15,1	8,2	1,2	-3,5	0,0	3,60
1961	-6,2	-2,1	-0,6	2,8	10,7	17,3	16,8	14,4	8,8	6,0	-1,1	-7,8	4,92
1962	-4,8	-7,0	-2,3	5,8	10,8	11,9	15,0	13,2	9,5	5,2	-0,2	-8,1	4,08
1963	-16,0	-11,4	-10,9	3,0	15,6	12,4	18,0	16,8	12,3	4,9	-1,2	-8,4	2,93
1964	-7,4	-10,4	-7,1	3,0	10,3	17,0	17,8	14,6	10,0	6,4	-3,4	-5,1	3,81
1965	-9,1	-11,1	-4,6	1,4	7,5	15,1	14,7	14,1	11,8	3,4	-7,5	-3,5	2,68
1966	-13,9	-11,9	-1,6	3,6	13,1	16,4	17,5	14,6	7,9	4,9	-0,9	-10,8	3,24
1967	-14,9	-9,0	0,5	4,6	14,0	14,9	16,3	16,3	10,7	7,9	0,6	-10,6	4,28
1968	-17,4	-8,6	-2,0	3,8	9,8	16,6	14,0	16,7	10,0	1,8	-2,9	-5,6	3,02
1969	-15,9	-13,5	-7,6	3,6	9,5	13,6	16,2	14,8	9,0	3,8	0,4	-9,4	2,04
1970	-11,8	-10,2	-2,8	4,0	11,2	15,2	17,6	15,2	9,8	3,9	-2,8	-6,8	3,54
1971	-3,9	-10,1	-4,6	3,0	11,8	15,2	15,6	15,3	9,0	2,7	-2,8	-5,9	3,78

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1972	-16,2	-7,0	-3,9	4,0	10,7	17,5	20,6	19,1	10,3	3,3	-1,3	-0,9	4,68
1973	-10,2	-4,7	-2,0	5,2	11,2	16,6	18,0	13,5	6,5	2,4	-3,4	-7,1	3,83
1974	-10,9	-1,9	-1,5	1,8	7,5	15,4	17,2	14,8	12,0	6,6	0,7	-2,0	4,98
1975	-4,0	-6,8	0,1	6,6	14,2	14,9	17,8	14,6	12,3	3,4	-3,2	-4,4	5,46
1976	-13,6	-11,2	-4,3	3,2	9,5	11,8	15,5	12,9	8,6	-2,0	-1,9	-4,9	1,97
1977	-10,9	-7,8	-2,6	4,8	12,2	15,4	17,2	14,3	8,2	2,8	0,8	-9,1	3,78
1978	-8,4	-11,5	-0,4	2,7	9,2	13,4	15,5	14,2	8,2	2,3	1,4	-17,4	2,43
1979	-11,4	-10,5	-1,9	1,9	14,5	15,7	15,1	16,0	9,8	2,9	-1,2	-6,0	3,74
1980	-11,3	-8,3	-7,4	4,7	6,8	17,4	15,9	13,9	9,6	4,2	-3,2	-5,2	3,09
1981	-6,3	-6,6	-5,3	0,9	12,6	16,6	19,2	15,3	10,0	7,0	-1,7	-6,1	4,63
1982	-12,0		-1,1	3,8	10,3	12,0	16,7	14,9	10,3	4,1	2,1	-1,6	5,41
1983	-4,7	-9,4	-2,4	7,0	14,1	13,3	16,3	13,9	11,3	5,1	-1,9	-3,6	4,92
1984	-5,1	-9,9	-3,6	5,8	14,1	13,8	16,1	13,9	10,9	6,2	-3,2	-9,0	4,17
1985	-14,5	-16,4	-2,8	2,5	11,8	13,1	15,3	18,1	9,2	6,0	-4,5	-8,4	2,45
1986	-7,7	-14,3	-0,7	4,2	11,9	16,8	17,1	14,8	6,8	3,4	0,6	-9,2	3,64
1987	-20,2	-6,4	-6,8	1,5	11,5	15,4	15,2	13,4	8,3	3,7	-3,6	-7,7	2,03
1988	-7,7	-6,6	-1,2	3,0	13,6	17,8	20,2	14,7	10,9	4,3	-5,7	-7,9	4,62
1989	-2,3	-1,0	1,3	6,9	12,1	18,7	17,5	15,2	11,6	4,6	-3,0	-6,5	6,26
1990	-6,4	0,4	0,9	7,0	9,2	13,7	16,1	15,1	8,1	4,3	-1,2	-4,4	5,23
1991	-6,5	-7,0	-1,9	5,3	10,2	16,3	16,8	15,5	9,9	5,9	1,2	-3,9	5,15
1992	-5,7	-3,9	1,1	3,1	11,6	15,1	17,9	16,7	11,7	-0,1	-4,4	-3,5	4,97
1993	-5,2	-4,7	-2,7	4,0	13,4	12,8	16,1	13,8	5,7	3,4	-8,8	-4,7	3,59
1994	-4,8	-13,2	-3,5	6,1	9,0	13,6	17,7	14,7	12,4	4,0	-3,6	-7,4	3,75
1995	-6,6	-1,6	0,1	6,0	12,0	18,4	15,8	15,5	11,4	6,3	-3,7	-11,2	5,20
1996	-10,2	-11,1	-4,0	4,8	12,6	15,3	16,5	16,4	7,8	4,8	3,0	-7,7	4,02
1997	-7,2	-5,0	-2,0	3,1	8,5	16,8	17,9	16,8	8,0	2,3	-1,7	-8,0	4,13
1998	-4,1	-8,8	-3,2	3,8	12,1	17,9	16,6	13,8	9,8	4,9	-9,1	-6,6	3,93
1999	-7,2	-8,2	-1,5	8,3	7,1	21,2	20,3	14,6	11,1	6,1	-3,9	-2,4	5,46
2000	-6,6	-3,9	-1,8	8,6	10,0	14,9	17,5	15,2	8,8	6,7	0,2	-3,4	5,52
2001	-4,4	-9,3	-4,0	8,9	10,4	15,1	21,2	15,2	10,9	5,0	-2,3	-12,7	4,50
2002	-6,0	-1,7	0,8	5,8	11,4	15,5	20,5	16,6	10,1	0,5	-2,9	-13,6	4,75
2004	-9,5	-8,1	-2,7	2,7	13,3	11,8	20,0	15,4	10,5	4,2	0,5	-2,3	4,65
2005	-9,5	-7,8	-0,4	3,4	10,1	14,2	17,6	16,9	11,8	4,5	-2,3	-2,8	4,64
2006	-3,5	-9,1	-7,3	5,7	12,0	14,5	18,5	16,3	12,0	5,3	1,2	-5,8	4,98
2007	-10,0	-14,8	-5,2	4,7	10,8	16,6	17,1	16,2	12,6	6,2	0,1	1,1	4,62
2008	-4,4	-13,7	3,5	4,4	13,1	15,4	17,0	18,1	10,8	5,9	-3,0	-2,1	5,42
2009	-4,9	-2,0	-0,2	6,8	10,3	14,1	17,1	15,9	9,4	7,2	1,2	-3,2	5,98
2010	-5,6	-5,1	-1,9	3,6	12,0	15,3	17,2	14,9	12,3	3,7	1,6	-7,0	5,08
2011	-15,7	-9,3	-2,8	5,7	14,8	16,7	23,9	19,2	10,3	2,9	-0,5	-10,7	4,54
2012	-8,1	-11,6	-2,7	5,2	11,6	16,9	21,2	16,6	11,1	5,6	0,7	-0,2	5,53
2013	-7,6	-13,0	-3,2	5,2	12,6	15,0	19,0	15,1	11,2	4,9	0,8	-10,7	4,11
2014	-9,6	-5,4	-8,9	3,9	15,1	18,5	17,2	16,3	9,3	5,4	2,6	-1,9	5,21
2015	-9,9	-2,4	0,7	5,5	13,7	14,2	19,1	17,0	11,0	2,3	-2,4	-4,3	5,38
2016	-5,0	-3,1	1,0	4,2	11,9	15,7	16,0	16,0	12,6	3,0	0,5	0,0	6,07
2017	-12,5	-1,4	-1,2	6,3	13,9	16,1	19,0	17,1	10,6	2,9	-4,1	-3,9	5,23

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
2018	-7,8	-5,7	0,4	2,8	8,6	12,9	15,6	16,8	11,4	3,9	0,0	-1,4	4,79
2019	-4,7	-10,4	-5,9	5,7	13,9	14,8	18,5	17,2	12,8	5,7	-0,8	-6,6	5,02
2020	-7,4	-1,9	-0,7	5,8	12,9	17,4	14,6	14,4	10,3	5,9	1,0	0,4	6,06
2021	-0,3	-0,8	1,2	3,2	9,5	18,0	16,2	15,5	12,4	8,2	1,9	-3,5	6,79
2022	-7,3	-11,1	-1,9	5,2	12,3	19,5	20,4	16,3	8,6	5,4	1,0	-9,0	4,95

Таблица 2.4 – Среднемесячные значения атмосферных осадков на метеостанции Бологое

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1967	37,2	21,5	29,4	69,7	59,9	65,3	70,4	74,2	29,3	89,7	65,8	61,1	56,1
1968	42,0	28,7	37,4	41,7	92,7	38,4	113,4	49,4	42,8	97,8	40,3	38,2	55,2
1969	34,2	12,3	14,6	54,8	50,5	73,7	106,4	63,8	65,0	63,9	98,5	46,0	57,0
1970	44,3	17,8	21,4	69,6	29,2	27,4	60,9	48,3	70,6	75,0	37,9	39,3	45,1
1971	29,9	30,6	30,2	15,9	28,1	86,9	111,1	48,3	102,5	82,4	46,7	33,4	53,8
1972	4,1	7,0	20,2	16,4	58,5	31,2	87,4	20,5	64,4	86,4	71,1	21,3	40,7
1973	19,1	45,3	40,4	66,9	52,1	58,2	54,8	32,3	98,4	58,4	82,5	44,7	54,4
1974	24,8	33,2	9,2	23,3	56,5	102,1	132,0	42,8	20,3	47,3	65,1	60,6	51,4
1975	41,8	34,6	20,9	66,9	22,9	54,5	35,0	27,5	26,0	35,2	47,5	48,3	38,4
1976	35,4	20,5	49,2	46,1	70,6	114,3	73,5	84,9	27,2	30,2	55,1	62,3	55,8
1977	20,3	63,0	27,9	56,4	68,3	38,7	173,3	114,5	62,1	64,1	71,4	48,9	67,4
1978	26,9	27,7	49,8	26,8	50,2	96,1	43,2	71,1	52,7	75,2	82,8	28,0	52,5
1979	20,4	26,2	31,1	20,9	52,5	27,5	138,1	56,0	57,0	29,7	39,4	39,2	44,8
1980	41,2	31,9	15,0	20,7	44,9	98,8	84,0	163,9	41,0	76,9	33,9	49,5	58,5
1981	44,0	27,9	51,5	25,9	46,7	60,9	53,7	77,4	87,8	103,5	77,3	47,7	58,7
1982	17,9		22,2	26,0	55,2	52,5	29,8	96,1	51,4	32,0	43,6	68,4	45,0
1983	50,5	27,4	28,3	35,7	41,4	81,9			47,5	74,0	97,6	68,9	55,3
1984	42,6	9,5	24,4	32,7	94,8	98,2	54,7	49,0	101,9	66,0	24,6	40,2	53,2
1985	65,5	31,0	31,1	18,2	37,2	98,7	76,2	43,1	69,9	64,6	64,7	46,7	53,9
1986	64,8	16,4	27,8	77,4	25,4	65,5	100,3	57,1	117,6	31,0	29,1	46,8	54,9
1987	19,0	30,0	23,2	28,0	71,6	87,5	89,5	74,8	101,6	0,7	43,3	46,3	51,3
1988	16,9	38,7	37,2	35,0	53,0	64,5	92,2	173,2	38,6	36,7	60,7	60,9	59,0
1989	44,9	34,9	45,2	19,0	66,0	71,5	77,3	155,9	37,9	106,2	37,0	51,7	62,3
1990	55,5	58,6	60,2	11,5	45,2	49,5	82,8	130,7	125,7	76,8	49,9	31,1	64,8
1991	42,1	48,7	47,2	20,7	86,9	149,6	65,4	70,8	44,1	16,4	25,8	44,1	55,2
1992	67,1	33,5	25,3	50,6	41,0	35,6	18,5	72,1	69,1		35,3	57,7	46,0
1993	68,0	26,1	42,7	41,9	29,4	31,3	100,5	110,1	62,3	44,4	3,9	69,2	52,5
1994	49,3	12,4	55,7	17,8	69,7	75,7	86,9	67,4	67,2	34,9	52,4	25,3	51,2
1995	50,5	48,1	29,4	26,6	88,6	53,0	74,1	69,1	76,5	38,3	32,8	38,6	52,1
1996	17,8	26,0	7,7	21,8	28,7	57,4	60,5	5,6	62,2	30,8	47,5	32,2	33,2
1997	46,2	45,6	24,4	29,2	60,5	109,5	20,4	31,9	74,8	98,2	66,9	31,0	53,2
1998	40,9	37,7	36,7	23,8	49,3	73,1	290,3	99,3	72,8	49,8	32,0	67,6	72,8
1999	70,4	40,9	34,7	20,7	45,5	33,0	30,5	96,1	44,0	60,0	36,9	65,4	48,2
2000	40,8	38,0	33,9	47,8	18,3	67,1	181,1	82,1	61,7	40,2	31,5	54,4	58,1
2001	38,2	42,8	46,1	35,5	38,0	96,2	73,2	48,4	36,3	67,2	82,2	52,8	54,7

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
2002	42,4	51,8	39,3	19,3	22,4	70,5	27,7	6,4	43,5	86,2	56,0	39,5	42,1
2004	44,3	11,8	16,4	32,3	81,6	112,1	68,8	158,6	16,8	101,9	64,0	63,9	64,4
2005	54,2	48,1	31,1	24,8	50,8	87,2	180,7	92,4	61,9	103,4	44,4	55,7	69,6
2006	51,2	18,1	42,5	25,7	46,6	129,8	78,9	54,8	28,3	16,8	58,7	79,1	52,5
2007	26,1	19,1	20,6	38,9	82,0	140,6	21,9	156,7	69,0	99,1	48,3	54,5	64,7
2008	90,1	25,8	21,9	38,5	105,8	38,4	116,8	69,0	28,0	68,1	61,1	18,1	56,8
2009	39,5	51,2	46,5	37,7	22,9	48,3	114,6	83,1	71,8	56,4	45,8	51,5	55,8
2010	64,5	44,1	37,4	52,9	76,4	100,2	97,9	63,6	35,4	97,0	65,4	58,1	66,1
2011	13,7	50,2	43,0	49,4	89,4	86,3	22,4	143,2	67,7	59,3	108,6	63,1	66,4
2012	51,6	37,4	25,3	56,5	87,3	65,9	74,2	116,4	71,8	44,3	38,1	60,1	60,7
2013	42,5	41,4	43,9	46,4	36,5	93,7	36,2	60,5	67,9	94,0	81,1	51,7	58,0
2014	36,6	30,2	45,8	47,7	65,8	86,3	125,5	73,1	34,9	39,7	83,4	37,8	58,9
2015	27,9	37,7	42,5	16,8	51,2	105,9	55,8	61,7	28,5	67,9	31,3	53,6	48,4
2016	57,6	26,3	13,6	50,9	69,9	19,2	106,8	21,2	71,1	14,3	39,3	56,8	45,6
2017	66,0	26,8	30,3	71,0	31,6	117,1	171,8	81,7	75,1	76,9	92,3	35,5	73,0
2018	39,4	34,3	38,1	60,3	32,7	110,1	156,8	91,9	75,6	94,3	30,0	71,8	69,6
2019	62,8	26,9	19,1	69,7	26,0	75,0	109,1	100,8	50,9	35,4	32,0	31,9	53,3
2020	53,1	32,1	41,9	8,1	80,8	87,7	87,7	186,6	83,4	118,8	87,5	55,0	76,9
2021	36,3	48,6	55,2	41,6	94,3	119,7	145,2	65,3	70,6	59,5	51,1	35,7	68,6
2022	27,0	36,0	24,3	31,6	39,8	72,1	35,2	90,0	70,5	29,1	92,5	55,7	50,3

Таблица 2.5 – Среднемесячные значения температуры воздуха на метеостанции Тихвин

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1945	-8,5	-6,0	-6,8	2,2	7,2	13,6	18,3	16,9	8,4	1,1	-2,9	-10,9	2,72
1946	-7,1	-11,9	-4,5	2,7	9,3	16,8	17,9	15,7	10,0	0,4	-3,2	-5,8	3,36
1947	-9,9	-16,9	-6,7	3,7	8,3	16,8	16,2	14,7	10,4	2,7	-2,3	-5,4	2,63
1948	-8,5	-11,7	-5,4	4,0	13,7	17,5	14,8	14,9	9,7	3,8	-0,9	-3,4	4,04
1949	-3,1	-5,7	-3,6	3,8	12,0	14,3	16,0	13,5	11,1	3,9	-0,6	-3,0	4,88
1950	-16,7	-6,9	-3,2	7,4	9,1	14,3	14,6	13,4	10,4	4,4	-0,6	-4,7	3,46
1951	-10,7	-9,3	-5,9	5,9	6,3	14,1	15,1	17,2	10,5	3,4	-4,0	-2,1	3,38
1952	-3,3	-6,2	-10,7	4,5	8,1	14,1	16,4	14,2	9,1	1,9	-2,1	-4,6	3,45
1953	-10,3	-14,9	-3,5	5,5	9,0	17,1	17,3	15,4	8,2	5,5	-1,8	-4,4	3,59
1954	-12,3	-13,2	-2,2	1,7	10,8	15,7	18,5	15,2	10,0	4,5	-2,0	-2,6	3,68
1955	-7,6	-9,7	-7,9	-0,8	7,9	12,3	16,3	16,6	12,6	6,3	-4,3	-18,0	1,98
1956	-11,5	-17,6	-5,4	0,2	9,2	18,0	14,0	12,6	7,3	3,1	-5,4	-3,7	1,73
1957	-4,5	-2,6	-8,2	4,0	11,3	12,9	18,2	15,1	9,9	4,7	-2,0	-4,3	4,54
1958	-9,5	-9,4	-7,9	1,9	9,5	13,3	16,0	13,5	8,3	4,9	0,7	-10,2	2,59
1959	-5,3	-5,0	-1,6	3,9	9,4	15,9	17,9	15,8	7,2	2,1	-3,6	-9,8	3,91
1960	-12,9	-11,1	-6,1	3,2	11,1	16,4	19,6	15,4	8,0	1,0	-3,5	-0,8	3,36
1961	-6,0	-1,6	-0,5	1,4	10,5	17,0	16,7	14,0	8,5	6,3	-1,4	-7,5	4,78
1962	-5,0	-6,6	-7,7	5,4	10,1	11,6	15,2	12,7	9,6	4,9	0,2	-7,7	3,56
1963	-16,5	-12,3	-11,9	2,3	14,2	12,4	17,1	16,1	12,6	4,8	-1,7	-9,3	2,32
1964	-7,0	-10,2	-6,7	2,7	9,8	15,7	17,0	14,3	9,6	6,7	-3,8	-5,4	3,56

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1965	-8,5	-11,6	-4,1	2,0	6,4	15,0	14,4	14,3	12,1	3,8	-7,7	-3,9	2,68
1966	-16,0	-14,2	-3,1	2,1	10,3	16,5	17,6	14,4	8,1	4,6	-0,2	-10,3	2,48
1967	-15,0	-8,2	-0,5	4,2	12,1	14,2	15,6	16,2	10,7	7,4	1,3	-11,1	3,91
1968	-19,0	-7,8	-1,8	2,7	8,8	15,8	13,6	16,1	9,4	1,4	-3,6	-5,2	2,53
1969	-16,9	-13,1	-8,3	3,3	8,2	13,3	15,7	15,0	9,0	4,1	-0,2	-9,0	1,76
1970	-12,2	-10,4	-1,8	3,7	10,3	15,2	17,6	15,2	9,6	3,8	-3,1	-7,0	3,41
1971	-3,6	-10,4	-4,6	2,0	9,9	14,0	15,8	14,7	8,5	2,3	-3,0	-6,4	3,27
1972	-15,4	-6,7	-4,9	2,8	9,8	17,2	20,6	18,7	10,0	2,9	-1,6	-0,4	4,42
1973	-10,2	-6,1	-2,8	4,5	10,7	16,3	18,3	14,2	6,3	1,7	-3,7	-8,5	3,39
1974	-12,0	-1,2	-1,5	0,7	6,9	16,0	17,8	14,3	12,0	6,5	0,7	-1,4	4,90
1975	-3,8	-7,2	-0,2	5,2	12,6	13,8	17,0	13,9	11,9	2,9	-3,0	-4,6	4,88
1976	-14,5	-12,6	-4,3	1,8	9,1	11,4	15,3	12,5	8,0	-2,6	-2,0	-5,3	1,40
1977	-10,6	-9,1	-3,8	4,2	11,1	14,8	17,5	14,1	7,8	2,5	1,0	-9,4	3,34
1978	-9,4	-12,4	-1,7	1,1	9,6	13,6	15,1	13,5	8,5	2,1	0,8	-19,1	1,81
1979	-12,2	-12,2	-1,8	1,1	13,4	15,2	15,3	15,4	8,9	2,6	-0,8	-5,8	3,26
1980	-12,2	-8,4	-7,4	4,5	6,9	17,7	15,8	14,0	9,4	4,4	-3,7	-5,2	2,98
1981	-6,2	-7,0	-7,2	0,9	11,2	16,0	19,0	14,7	9,7	7,0	-1,4	-6,4	4,19
1982	-13,6	-9,0	-1,6	3,1	10,4	11,2	16,3	14,6	9,9	3,7	2,4	-2,1	3,78
1983	-4,6	-10,5	-3,3	6,5	13,3	13,6	17,1	14,5	11,1	4,7	-2,0	-4,2	4,68
1984	-4,7	-8,6	-4,5	5,3	13,7	13,9	16,1	13,6	10,2	6,0	-3,3	-8,4	4,11
1985	-16,7	-17,7	-2,1	1,3	10,4	13,0	15,3	17,8	9,1	5,8	-3,8	-9,4	1,92
1986	-8,4	-14,9	-1,0	4,1	10,9	16,9	17,2	13,7	6,4	3,4	1,4	-10,6	3,26
1987	-22,4	-6,8	-6,2	1,2	10,1	13,1	15,1	12,9	8,2	4,4	-5,0	-8,7	1,33
1988	-7,5	-6,6	-1,0	2,6	12,9	17,6	19,7	14,8	10,4	4,3	-5,7	-8,4	4,43
1989	-2,7	-1,1	1,3	6,1	11,4	18,4	17,5	14,9	11,5	4,2	-2,4	-7,1	6,00
1990	-7,7	0,7	0,3	6,0	8,4	13,4	16,2	14,9	7,9	4,2	-2,8	-3,7	4,82
1991	-6,9	-7,4	-2,5	4,2	10,1	15,8	16,8	15,2	9,3	4,8	1,9	-3,6	4,81
1992	-6,1	-4,1	0,8	2,7	10,6	15,2	16,9	15,7	11,8	-0,1	-5,0	-2,9	4,63
1993	-5,0	-4,8	-2,6	2,5	12,5	12,1	15,8	13,6	5,4	2,6	-9,2	-5,4	3,13
1994	-5,4	-13,6	-3,8	6,0	7,9	13,6	17,6	14,1	11,8	4,1	-4,3	-6,7	3,44
1995	-6,7	-1,5	0,1	4,1	11,3	18,4	15,2	15,0	11,1	6,3	-5,1	-12,0	4,68
1996	-9,7	-12,0	-4,6	3,1	10,8	14,6	16,1	15,9	7,4	4,4	2,8	-7,6	3,43
1997	-8,6	-5,4	-2,6	2,1	8,2	16,1	18,0	17,1	8,0	2,0	-2,5	-8,3	3,68
1998	-4,2	-11,2	-4,7	2,0	11,4	17,5	17,1	13,3	9,8	4,6	-9,2	-7,0	3,28
1999	-9,3	-9,8	-1,6	7,4	6,3	21,1	19,4	14,1	10,9	6,1	-4,3	-2,5	4,82
2000	-6,6	-4,4	-1,6	7,3	9,6	15,2	18,1	14,6	8,1	6,4	0,1	-4,0	5,23
2001	-4,8	-10,1	-5,8	8,8	9,3	15,1	21,2	14,4	11,1	4,2	-2,5	-12,1	4,07
2002	-6,8	-2,0	-0,1	4,7	10,7	15,4	20,2	16,0	9,6	-0,1	-4,7	-14,4	4,04
2004	-11,9	-7,0	-3,0	2,3	12,4	11,8	20,4	15,4	10,5	3,8	0,7	-2,5	4,41
2005	-11,1	-7,8	-1,5	2,5	9,7	14,2	17,8	15,9	11,9	4,5	-2,0	-3,0	4,26
2006	-3,3	-9,3	-7,6	4,5	11,2	14,8	18,5	16,4	11,8	5,2	1,6	-5,7	4,84
2007	-9,6	-14,9	-6,5	4,1	10,7	16,4	16,9	16,8	12,1	6,1	0,0	1,2	4,44
2008	-4,5	-15,0	3,1	4,1	12,3	14,5	17,1	17,9	10,6	6,1	-3,0	-1,3	5,16
2009	-4,4	-2,3	-0,5	5,6	9,6	13,7	16,7	15,1	9,1	7,2	1,5	-2,2	5,76
2010	-6,0	-4,8	-2,3	2,6	11,4	15,1	17,1	14,8	12,4	3,1	1,2	-7,8	4,73

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
2011	-15,8	-10,1	-3,9	5,1	14,0	15,4	23,8	18,0	10,6	3,1	-1,5	-11,3	3,95
2012	-8,2	-13,3	-2,9	4,8	10,6	16,4	21,4	16,2	11,0	5,9	1,0	0,3	5,27
2013	-7,5	-12,8	-3,3	4,6	11,9	14,9	18,8	14,8	11,3	4,9	1,2	-10,0	4,07
2014	-9,2	-5,1	-9,0	4,0	14,6	18,8	17,5	16,5	10,1	5,4	2,7	-1,6	5,39
2015	-9,5	-1,7	0,9	4,7	12,6	14,2	19,2	16,8	11,0	2,3	-1,6	-3,5	5,45
2016	-5,3	-2,6	0,7	4,2	11,7	15,5	15,6	15,8	12,3	3,4	0,8	-0,1	6,00
2017	-13,3	-1,0	-0,9	6,0	13,8	16,0	18,8	16,7	10,7	3,5	-4,2	-3,3	5,23
2018	-7,2	-5,9	0,4	2,3	7,5	12,6	15,4	16,6	11,2	4,1	0,8	-0,8	4,75
2019	-4,6	-10,0	-6,4	5,4	13,6	14,7	19,3	17,3	12,8	5,4	0,3	-6,4	5,12
2020	-7,1	-1,8	-0,8	4,9	12,1	17,3	14,9	14,4	10,1	4,7	0,2	0,5	5,78
2021	-0,4	-0,9	1,0	2,7	8,6	18,2	16,2	15,1	12,2	7,4	2,3	-3,2	6,60
2022	-8,0	-12,2	-2,7	4,3	11,7	19,7	20,4	15,9	8,3	5,7	0,4	-10,1	4,45

Таблица 2.6 – Среднемесячные значения атмосферных осадков на метеостанции Тихвин

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1967	39,6	19,8	35,4	41,9	74,0	72,7	35,2	84,9	26,9	100,5	55,2	57,7	53,7
1968	37,1	22,7	27,9	56,3	38,4	47,2	92,8	36,2	62,9	118,4	54,7	35,4	52,5
1969	18,3	30,2	25,6	56,3	63,7	21,8	66,8	56,0	77,5	38,9	78,5	50,0	48,6
1970	31,9		23,1	73,6	20,7	34,7	147,0	70,9	122,5	66,1	55,1	62,7	64,4
1971	47,7	59,6	106,8	15,9	31,1	62,3	23,0	91,0	24,7	68,0	54,8	40,6	52,1
1972	2,9	7,4	20,1	87,5	60,7	66,0	54,0	75,9	30,4	77,3	57,7	31,2	47,6
1973	10,3	34,2	29,6	42,2	56,3	99,1	28,4	47,8	93,7	89,7	76,2	46,9	54,5
1974	20,8	29,1	14,0	29,2	52,7	136,6	153,8	91,6	50,4	73,2	103,7	60,2	67,9
1975	49,9	17,8	37,9	82,4	55,3	63,9	57,5	67,2	19,6	34,4	68,7	110,2	55,4
1976	52,4	15,1	42,6	46,6	36,7	71,3	98,6	81,9	69,4	30,3	51,7	48,8	53,8
1977	14,4	34,8	37,1	65,8	39,2	18,3	124,2	36,1	72,0	85,7	69,4	46,6	53,6
1978	31,9	25,5	61,8	34,3	5,6	74,8	86,2	116,1	102,2	35,5	80,5	28,3	56,9
1979	41,9	23,2	16,0	18,2	60,5	17,7	123,2	77,6	85,1	25,3	76,0	35,8	50,0
1980	36,4	38,4	17,4	36,2	29,9	90,5	84,5	115,2	41,5	102,4	56,8	74,5	60,3
1981	23,6	25,3	41,5	31,9	39,3	58,4	37,9	102,2	78,4	91,3	56,6	98,0	57,0
1982	26,7	7,9	20,5	29,1	27,9	90,5	64,4	119,0	73,1	68,7	54,8	46,4	52,4
1983	68,2	23,8	58,2	28,1		77,8	36,5	35,2	75,9	109,6	80,3	79,3	61,2
1984	49,9	29,0	17,4	12,4	42,4	35,6	94,3	36,1	132,2	85,0	21,9	41,5	49,8
1985	28,9	37,0	14,9	37,7	39,7	106,2	87,7	65,5	75,7	70,0	46,7	40,3	54,2
1986	62,4	15,6	36,3	38,3	50,5	29,2	121,1	124,2	124,2	39,9	53,4	68,2	63,6
1987	26,7	40,4	22,4	12,7	86,2	157,6	61,3	156,7	92,5	5,7	62,5	36,7	63,5
1988	21,2	27,3	51,6	29,1	36,3	93,0	69,9	160,6	79,2	45,3	32,3	29,1	56,2
1989	28,8	34,0	53,4	24,5	35,2	58,6	79,4	160,0	40,7	81,4	45,6	44,3	57,2
1990	52,7	78,9	58,8	18,9	39,8	51,0	119,0	77,3	89,4	43,6	55,3	32,0	59,7
1991	48,4	44,5	32,2	60,7	47,0	111,1	56,7	51,1	67,1	63,9	74,0	45,4	58,5
1992	56,2	30,4	39,7	68,4	39,4	23,3	37,3	25,2	63,8	48,2	59,5	45,1	44,7
1993	63,7	32,7	28,3	35,5	24,4	49,9	104,5	122,8	13,5	86,5	1,7	55,0	51,5
1994	54,1	5,6	54,5	22,8	43,1	79,2	47,3	97,1	126,8	63,3	49,2	37,8	56,7

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1995	48,6	59,5	55,9	50,1	111,0	51,6	85,6	26,2	50,5	60,0	63,2	20,1	56,9
1996	20,2	19,6	19,6	38,3	103,1	32,6	111,8	10,4					44,5
1997	39,6	19,8	35,4	41,9	74,0	72,7	35,2	84,9	26,9	100,5	55,2	57,7	53,7
1998	37,1	22,7	27,9	56,3	38,4	47,2	92,8	36,2	62,9	118,4	54,7	35,4	52,5
1999	18,3	30,2	25,6	56,3	63,7	21,8	66,8	56,0	77,5	38,9	78,5	50,0	48,6
2000	31,9		23,1	73,6	20,7	34,7	147,0	70,9	122,5	66,1	55,1	62,7	64,4
2001	47,7	59,6	106,8	15,9	31,1	62,3	23,0	91,0	24,7	68,0	54,8	40,6	52,1
2002	2,9	7,4	20,1	87,5	60,7	66,0	54,0	75,9	30,4	77,3	57,7	31,2	47,6
2004	10,3	34,2	29,6	42,2	56,3	99,1	28,4	47,8	93,7	89,7	76,2	46,9	54,5
2005	20,8	29,1	14,0	29,2	52,7	136,6	153,8	91,6	50,4	73,2	103,7	60,2	67,9
2006	49,9	17,8	37,9	82,4	55,3	63,9	57,5	67,2	19,6	34,4	68,7	110,2	55,4
2007	52,4	15,1	42,6	46,6	36,7	71,3	98,6	81,9	69,4	30,3	51,7	48,8	53,8
2008	14,4	34,8	37,1	65,8	39,2	18,3	124,2	36,1	72,0	85,7	69,4	46,6	53,6
2009	31,9	25,5	61,8	34,3	5,6	74,8	86,2	116,1	102,2	35,5	80,5	28,3	56,9
2010	41,9	23,2	16,0	18,2	60,5	17,7	123,2	77,6	85,1	25,3	76,0	35,8	50,0
2011	36,4	38,4	17,4	36,2	29,9	90,5	84,5	115,2	41,5	102,4	56,8	74,5	60,3
2012	23,6	25,3	41,5	31,9	39,3	58,4	37,9	102,2	78,4	91,3	56,6	98,0	57,0
2013	26,7	7,9	20,5	29,1	27,9	90,5	64,4	119,0	73,1	68,7	54,8	46,4	52,4
2014	68,2	23,8	58,2	28,1		77,8	36,5	35,2	75,9	109,6	80,3	79,3	61,2
2015	49,9	29,0	17,4	12,4	42,4	35,6	94,3	36,1	132,2	85,0	21,9	41,5	49,8
2016	28,9	37,0	14,9	37,7	39,7	106,2	87,7	65,5	75,7	70,0	46,7	40,3	54,2
2017	62,4	15,6	36,3	38,3	50,5	29,2	121,1	124,2	124,2	39,9	53,4	68,2	63,6
2018	26,7	40,4	22,4	12,7	86,2	157,6	61,3	156,7	92,5	5,7	62,5	36,7	63,5
2019	21,2	27,3	51,6	29,1	36,3	93,0	69,9	160,6	79,2	45,3	32,3	29,1	56,2
2020	28,8	34,0	53,4	24,5	35,2	58,6	79,4	160,0	40,7	81,4	45,6	44,3	57,2
2021	52,7	78,9	58,8	18,9	39,8	51,0	119,0	77,3	89,4	43,6	55,3	32,0	59,7
2022	48,4	44,5	32,2	60,7	47,0	111,1	56,7	51,1	67,1	63,9	74,0	45,4	58,5

Таблица 2.7 – Среднемесячные значения температуры воздуха на метеостанции Белогорка

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1945	-7,8	-5,4	-5,8	2,8	7,7	13,1	18,1	16,4	8,6	1,8	-2,0	-10,3	3,10
1946	-6,3	-10,5	-4,5	3,5	9,2	15,8	17,7	15,0	10,5	1,3	-2,9	-5,3	3,63
1947	-9,3	-15,1	-6,7	3,5	9,2	16,0	16,0	15,0	11,2	3,6	-2,3	-5,3	2,98
1948	-8,3	-10,8	-4,1	4,2	12,4	16,2	15,4	14,4	10,1	4,1	-0,4	-2,3	4,24
1949	-3,0	-3,8	-3,1	4,1	12,3	13,0	15,6	13,5	12,0	5,2	0,3	-2,4	5,31
1950	-15,0	-6,2	-2,9	7,0	9,5	13,2	14,3	14,2	10,7	4,6	-0,5	-4,3	3,72
1951	-9,9	-8,8	-6,9	5,0	6,1	13,8	15,1	16,8	11,3	4,4	-3,6	-1,5	3,48
1952	-3,2	-6,0	-10,9	4,7	7,1	13,5	16,0	14,0	8,7	2,1	-2,0	-4,7	3,28
1953	-8,7	-12,8	-2,5	4,8	8,9	16,4	16,7	14,6	9,1	6,3	-0,9	-4,2	3,98
1954	-10,6	-14,0	-2,0	1,4	10,3	14,8	17,0	15,0	10,4	4,7	-2,1	-2,4	3,54
1955	-6,8	-8,5	-6,9	-1,6	6,9	11,8	16,3	17,0	12,9	6,4	-3,0	-14,9	2,47
1956	-10,1	-16,5	-6,5	-0,6	9,1	17,4	14,3	12,6	7,9	4,0	-4,0	-3,3	2,03
1957	-3,9	-3,0	-7,9	2,8	10,3	12,8	17,5	14,6	9,5	5,1	0,2	-3,5	4,54

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1958	-8,7	-9,4	-8,5	1,1	9,3	13,0	15,3	13,4	9,7	5,4	1,5	-8,7	2,78
1959	-5,1	-4,2	-1,9	3,6	9,2	15,0	17,7	16,3	7,7	3,3	-2,4	-8,3	4,24
1960	-12,1	-10,3	-5,9	2,6	11,1	15,6	18,3	15,2	8,6	1,3	-2,5	-0,3	3,47
1961	-4,5	-1,1	-0,9	2,0	10,2	17,1	16,4	14,3	9,0	6,5	0,2	-6,4	5,23
1962	-4,2	-6,3	-9,1	5,4	9,0	11,8	15,2	13,0	9,4	5,6	0,4	-6,7	3,63
1963	-14,8	-12,8	-11,3	2,3	14,1	13,4	17,7	16,8	12,0	5,4	-1,6	-8,4	2,73
1964	-4,8	-10,2	-6,3	3,1	10,4	15,8	16,8	14,2	9,6	7,1	-2,6	-4,6	4,04
1965	-6,8	-10,3	-4,6	2,8	6,6	14,8	14,5	13,9	12,0	4,2	-6,7	-4,3	3,01
1966	-16,9	-14,0	-2,8	0,8	11,1	16,4	17,1	14,0	8,2	5,0	-0,7	-9,5	2,39
1967	-14,1	-8,2	0,6	3,7	11,2	13,4	16,2	15,8	11,8	8,0	1,7	-10,2	4,16
1968	-18,2	-7,3	-1,7	3,4	8,7	16,0	13,5	16,3	9,7	1,7	-2,3	-4,2	2,97
1969	-14,8	-11,8	-8,1	3,3	8,7	14,0	15,9	14,7	9,1	4,5	-0,4	-8,3	2,23
1970	-12,4	-11,6	-2,2	3,2	10,2	15,5	16,8	14,8	9,5	3,8	-2,2	-5,8	3,30
1971	-3,2	-8,8	-5,2	2,2	10,4	13,9	15,9	15,4	8,8	3,4	-2,9	-4,9	3,75
1972	-14,0	-5,4	-4,1	2,6	9,5	17,1	20,1	18,0	10,0	4,0	-0,6	0,5	4,81
1973	-7,2	-6,2	-2,2	4,1	10,6	16,0	18,6	14,5	6,7	2,0	-3,0	-7,2	3,89
1974	-9,1	-1,4	-1,6	1,8	6,5	14,7	16,4	14,3	12,0	6,2	1,1	-1,0	4,99
1975	-2,7	-5,6	0,0	4,4	12,6	13,5	17,3	15,0	12,2	3,9	-2,2	-3,5	5,41
1976	-12,6	-10,9	-4,9	1,4	9,6	11,6	15,2	13,3	8,1	-1,2	-1,2	-5,3	1,93
1977	-8,7	-8,9	-3,3	3,7	10,7	15,0	15,9	14,2	8,4	3,9	1,7	-7,7	3,74
1978	-8,5	-12,5	-2,3	1,8	9,9	13,6	15,2	13,6	8,6	2,8	1,6	-16,1	2,31
1979	-10,6	-11,9	-2,1	1,9	12,5	15,7	15,3	15,9	9,7	3,6	0,3	-4,6	3,81
1980	-10,8	-9,1	-7,1	4,4	6,7	17,0	15,7	13,7	9,8	4,8	-2,7	-4,5	3,16
1981	-5,4	-6,4	-6,5	1,5	11,5	15,2	17,9	14,3	10,0	6,7	-0,9	-7,0	4,24
1982	-11,5	-8,2	-1,1	3,3	10,0	11,5	16,7	14,8	9,9	4,4	2,4	-1,4	4,23
1983	-2,8	-9,9	-3,6	6,5	13,4	13,8	17,1	15,3	11,3	5,2	-1,4	-3,6	5,11
1984	-4,8	-8,8	-4,6	5,2	13,5	13,6	15,7	14,6	10,3	6,8	-2,1	-5,9	4,46
1985	-14,7	-17,1	-2,4	1,9	10,4	12,9	15,4	17,3	9,4	6,8	-2,4	-7,3	2,52
1986	-7,4	-14,2	-0,7	4,3	11,1	16,8	17,3	13,8	6,9	4,6	2,0	-9,3	3,77
1987	-19,8	-6,0	-7,8	1,5	9,3	14,1	14,9	12,8	8,8	4,6	-2,9	-6,5	1,92
1988	-5,9	-5,4	-1,8	2,7	12,8	16,9	19,7	14,5	10,9	4,5	-5,0	-7,3	4,72
1989	-1,3	-0,4	1,4	6,8	11,4	17,1	17,5	14,9	11,6	5,0	-1,0	-6,0	6,42
1990	-6,1	1,1	1,0	6,6	9,1	13,4	15,7	15,1	7,8	5,0	-1,5	-3,2	5,33
1991	-4,9	-6,8	-1,8	3,9	9,3	14,3	17,1	15,8	9,9	5,8	2,4	-2,5	5,21
1992	-3,4	-3,2	0,7	2,6	10,8	15,3	16,8	15,8	12,3	0,3	-4,0	-1,6	5,20
1993	-3,4	-3,9	-2,2	3,4	13,0	11,9	15,6	13,5	5,7	3,0	-7,9	-4,3	3,70
1994	-4,5	-13,7	-3,2	6,5	8,3	13,2	18,4	14,5	11,3	3,8	-2,0	-4,6	4,00
1995	-5,9	-1,4	0,0	3,4	10,7	18,1	15,2	15,5	10,7	7,3	-3,4	-10,2	5,00
1996	-9,1	-12,4	-5,2	2,8	10,1	14,2	15,0	15,9	9,3				4,51
1997	-6,7	-4,8	-2,7	1,5	7,8	15,4	17,4	17,2	8,8	2,7	-1,6	-7,2	3,98
1998	-2,6	-8,4	-5,9	2,8	10,9	15,9	16,6	13,2	10,1	4,9	-7,9	-6,0	3,63
1999	-7,9	-9,9	-1,9	7,2	6,7	19,4	18,7	14,2	11,3	5,9	-1,5	-2,0	5,02
2000	-5,4	-4,1	-2,0	7,4	9,8	14,2	16,8	14,5	8,6	7,0	1,6	-1,7	5,56
2001	-3,6	-8,4	-4,9	7,6	9,2	14,2	20,6	15,2	10,6	6,0	-2,5	-11,3	4,39
2002	-5,2	-1,9	0,0	4,9	11,2	15,5	19,3	17,0	10,2	0,0	-3,3	-12,0	4,64

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
2004	-11,0	-6,9	-2,6	2,2	11,8	11,8	19,6	15,1	10,6	3,6	1,2	-2,0	4,45
2005	-9,9	-6,9	-1,5	3,7	9,4	13,5	16,6	16,0	11,8	5,0	-1,8	-1,9	4,50
2006	-2,7	-9,3	-8,1	4,2	10,2	13,8	18,2	16,2	11,8	5,5	1,6	-5,1	4,69
2007	-7,6	-12,0	-6,8	4,3	10,0	15,6	17,2	16,6	12,8	6,7	0,8	1,8	4,95
2008	-3,9	-13,1	3,1	4,5	11,6	14,8	16,9	17,6	10,1	5,8	-2,1	-0,6	5,39
2009	-3,3	-1,1	-0,7	5,9	9,8	13,6	16,1	14,8	9,1	7,2	1,6	-2,2	5,90
2010	-5,0	-5,4	-2,6	4,0	10,8	13,6	16,5	14,7	12,3	3,3	1,1	-6,8	4,71
2011	-15,4	-9,7	-3,6	5,2	12,6	14,4	22,2	17,6	10,6	3,3	-1,0	-9,7	3,88
2012	-6,9	-13,0	-3,0	5,1	10,5	16,4	20,5	15,9	11,5	6,1	2,4	0,7	5,52
2013	-7,1	-13,0	-2,1	4,1	11,5	13,7	18,0	14,4	11,4	5,1	1,8	-9,3	4,04
2014	-8,0	-4,3	-8,3	3,2	14,0	17,7	17,0	16,2	10,1	5,7	3,2	-0,5	5,50
2015	-8,6	-1,3	1,0	5,3	12,0	13,5	19,2	16,3	11,1	3,2	-1,1	-2,4	5,68
2016	-3,8	-2,1	1,3	4,6	10,6	14,7	15,4	15,5	11,7	3,4	2,0	1,1	6,20
2017	-12,5	-0,7	-0,7	5,2	13,0	15,2	17,6	15,7	11,4	3,4	-3,0	-2,0	5,22
2018	-5,2	-4,6	0,4	1,7	8,3	12,4	15,1	15,6	10,9	4,3	0,9	-0,9	4,91
2019	-4,1	-9,6	-5,7	5,2	13,5	14,6	18,7	16,8	12,7	5,8	1,2	-4,5	5,38
2020	-7,7	-1,3	-0,7	5,6	10,8	17,3	14,7	14,7	10,2	5,2	0,5	0,7	5,83
2021	0,8	-0,3	1,1	3,0	8,5	17,4	16,0	15,5	12,4	7,5	2,6	-2,1	6,87
2022	-6,5	-10,7	-1,8	4,5	10,6	19,2	20,5	15,2	8,8	6,2	1,0	-8,5	4,88

Таблица 2.8 – Среднемесячные значения атмосферных осадков на метеостанции Белогорка

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1967	31,4	36,0	43,5	43,5	77,9	59,2	82,0	109,2	58,5	114,8	70,9	74,8	66,8
1968	40,1	35,3	57,2	64,5	72,3	46,3	87,1	33,1	58,4	137,4	50,8	59,0	61,8
1969	40,6	19,5	28,6	69,7	124,1	31,3	81,2	43,6	123,1	103,0	88,3	51,1	67,0
1970	38,4		29,8	78,4	22,9	39,7	95,4	65,8	93,0	69,0	72,1	50,8	59,6
1971	59,8	34,1	81,0	11,6	50,7	78,4	39,4	103,0	71,0	77,6	79,7	45,8	61,0
1972	6,9	18,4	44,6	108,2	16,8	26,4	64,6	22,2	37,8	72,4	81,4	36,8	44,7
1973	32,6	30,2	36,8	57,4	52,2	46,7	14,8	45,6		97,9	88,3	60,5	51,2
1974	24,0	36,6	15,0	39,0	42,4	55,5	105,3	117,4	56,2	50,3	91,6	66,9	58,4
1975	73,2	37,7	31,2	80,9	50,9	105,6	83,4	38,7	32,5	52,9	87,3	109,9	65,4
1976	45,3	27,6	44,8	66,5	29,1	108,2	120,6	59,7	75,4	18,5	41,3	56,9	57,8
1977	16,6	65,5	40,6	45,6	59,7	95,7	95,7	74,1	100,2	90,7	64,7	45,4	66,2
1978	40,8	43,3	68,3	47,0	4,6	78,1	81,0	142,4	88,7	62,5	81,8	32,2	64,2
1979	38,6	31,9	25,0	37,2	37,5	42,2	92,5	95,9	79,7	52,6	76,8	38,0	54,0
1980	48,6	53,5	14,6	17,2	52,3	26,1	52,7	84,8	32,1	55,0	82,5	89,7	50,8
1981	59,1	37,6	41,5	20,3	52,1	94,8	80,8	84,7	73,9	150,4	76,6	77,8	70,8
1982	50,0	21,8	37,7	28,1	42,2	89,1	84,3	116,6	106,0	64,4	66,2	89,1	66,3
1983	76,1	23,7	60,3	32,2	84,7	56,3	152,5	69,0	97,3	140,1	124,3	123,6	86,7
1984	65,4	14,5	42,4	6,2	45,2	77,3	86,0	97,1	118,8	120,0	37,7	52,4	63,6
1985	49,3	30,1	33,0	45,3	23,3	98,1	72,8		84,4	77,9	67,1	66,6	58,9
1986	66,7	11,7	47,0	44,3		32,9	74,3	77,9	129,7	52,6	58,3	68,9	60,4
1987	29,4	54,9	22,7	35,3	80,9	138,6	89,0	78,9	69,7	1,1	76,2	59,7	61,4

Год	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Ср.г.</i>
1988	28,0	37,7	35,2	32,8	24,6	52,9	186,8	109,7	76,2	60,5	51,7	78,8	64,6
1989	86,4	42,6	55,9	18,7	35,0	66,8	43,9	111,6	28,4	85,3	41,7	61,7	56,5
1990	79,1	76,2	74,9	35,8	52,7	36,2	100,4	116,1	98,7	65,3	67,8	41,7	70,4
1991	86,0	50,3	63,3	38,7	91,7	119,1	84,5	72,1	86,2	64,6	97,5	74,9	77,4
1992	86,8	36,3	46,3	58,1	64,7	37,3	37,3	69,6	81,8	49,9	57,4	67,8	57,8
1993	79,4	46,3	66,6	72,1	24,2	66,6	102,3	167,1	20,4	94,6	4,1	74,3	68,2
1994	47,0	6,5	71,7	51,4	64,8	86,0	53,8	67,1	86,3	52,7	67,2	53,8	59,0
1995	72,3	63,9	50,4	56,6	60,9	53,4	62,7	49,3	53,3	91,9	85,5	38,5	61,6
1996	26,6	33,0	6,8	28,2	37,7	45,4	81,4	13,3	16,3	55,0	95,6	64,5	42,0
1997	79,7	52,7	38,6	41,9	63,3	105,7	37,0	30,8	92,1	99,1	99,1	56,1	66,3
1998	52,6	55,0	60,9	16,2	75,6	75,9	116,4	60,8	49,2	56,0	33,9	75,6	60,7
1999	97,6	39,1	25,0	48,0	20,5	26,1	52,1	75,5	26,3	68,7	59,5	102,6	53,4
2000	65,4	31,0	40,5	31,8	44,9	71,0	181,3	58,0	109,7	74,9	42,0	84,4	69,6
2001	44,2	64,6	45,8	29,8	52,6	61,7	36,4	60,4	56,7	70,7	105,8	54,0	56,9
2002	56,8	66,4	56,6	18,3	44,9	72,7	41,5	8,6	46,8	54,6	75,0	44,5	48,9
2004	53,0	14,2	25,6	32,1	56,5	85,6	109,5	174,4	67,1	110,3	59,1	123,3	75,9
2005	37,5	52,5	63,9	29,1	95,5	125,4	128,0	149,5	81,5	59,6	91,4	80,6	82,9
2006	81,1	15,8	36,9	64,5	88,9	98,1	52,9	68,2	64,2	30,1	86,6	74,8	63,5
2007	45,6	20,6	24,6	68,1	57,0	50,9	26,7	59,5	63,7	110,3	83,0	71,7	56,8
2008	83,6	19,6	35,1	44,6	63,3	84,2	106,2	118,8	38,7	38,9	57,4	30,4	60,1
2009	36,5	70,3	34,6	49,5	15,9	97,0	70,4	149,2	35,8	83,1	39,5	46,1	60,7
2010	63,3	45,8	36,8	38,4	49,3	108,7	63,4	121,6	52,1	106,2	69,9	86,0	70,1
2011	14,2	43,3	68,6	39,1	70,3	115,3	44,2	90,7	51,8	58,3	77,0	41,7	59,5
2012	65,2	30,0	43,6	17,4	88,5	137,2	80,2	117,0	100,1	63,8	59,7	85,9	74,1
2013	64,0	25,7	51,2	30,8	38,9	170,6	60,8	61,3	88,2	95,3	87,3	54,1	69,0
2014	32,0	27,4	16,1	34,1	58,0	55,2	40,2	117,1	53,8	74,3	91,9	51,8	54,3
2015	42,8	49,1	21,2	18,4	108,6	102,2	105,8	112,2	54,3	37,9	61,9	48,2	63,6
2016	73,0	42,8	22,8	68,7	98,9	35,0	83,2	67,1	57,5	31,7	54,9	101,0	61,4
2017	88,9	45,2	12,9	47,7	20,6	65,5	245,8	124,4	54,1	32,6	97,0	72,0	75,6
2018	45,7	38,6	56,0	56,5	30,7	96,1	124,3	54,8	82,5	90,4	32,0	72,9	65,0
2019	53,9	33,2	34,1	83,6	28,9	57,9	82,4	90,0	80,4	52,3	40,0	29,9	55,6
2020	85,6	66,7	63,0	5,7	73,8	42,6	100,2	72,8	86,1	115,6	102,3	101,1	76,3
2021	84,0	73,6	65,4	62,4	47,7	30,3	91,8	57,7	89,3	67,2	70,1	49,0	65,7
2022	29,1	60,7	51,4	58,9	88,2	146,0	27,0	176,6	112,4	83,0	115,0	73,6	85,2