



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Приток речных вод в Ладожское озеро

Исполнитель Александров Иван Максимович
(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)

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

« 10 » 06 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	6
1.1. Особенности Ладожского озера и его режим	6
1.2. Гидрография водосбора бассейна Ладожского озера	14
1.3. Хозяйственная деятельность на территории Ладожского озера и современное состояние его экосистемы	16
2. МНОГОЛЕТНЕЕ КОЛЕБАНИЕ РЕЧНОГО ПРИТОКА В ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО	21
3. ВНУТРИГОДОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ РЕЧНОГО ПРИТОКА В ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО	38
3.1. Расчёт внутригодового распределения методом реального года	38
3.2. Расчёт внутригодового распределения стока методом среднего распределения по маловодной группе	46
3.3. Анализ ритмики годовой цикличности речного притока применением метода ПКСП	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	73
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	75

ВВЕДЕНИЕ

Ладожское озеро – крупнейшее озеро Европы по площади и объему в ряду самых крупных пресноводных водоёмов. Озеро принимает сток с водосборного бассейна площадью более 258 тыс. км² и любые изменения, происходящие на обширной территории водосбора, неизбежно сказываются на самом озере.

Уровненный режим Ладожского озера: характеризует антропогенное суммарное влияние, следовательно, и показатель кормости для ихтиофауны; фиксирует водные ресурсы, т.е., показатель водности; является показателем увлажненности водосборного бассейна, следовательно, колебания климата на обширной территории. Поэтому изучение генезиса Ладожского озера относится к числу наиболее важных задач озероведения.

Анализ составляющих водного баланса Ладожского озера показал, что основная роль в формировании его уровненного режима играет приток речных вод с водосбора, сток по реке Неве, а также особенности строения озерной системы (менее значимое влияние оказывают в отдельные месяцы - осадки, испарение). Особенности влияния речного притока Ладожского озера определяются свойствами внутригодового и многолетнего хода колебания впадающих в него рек. Хотя реки бассейна Ладожского озера по климатическим особенностям формирования стока могут быть отнесены к одному типу - восточно-европейскому (по классификации Б.Д. Зайкова) или волжскому (по классификации М.И. Львовича), разная степень их естественной зарегулированности приводит к различиям в особенностях внутригодового хода и межгодовой (многолетней) изменчивости стока. По степени естественной зарегулированности стока реки бассейна Ладожского озера можно разделить на группы:

1. Неозерные (естественно незарегулированные) реки (Паша, Оять) и озерная река Волхов, регулирующая роль питающего озера которой невелика.

Для временной изменчивости их стока свойственны ярко выраженный внутригодовой ход сложной формы и межгодовая изменчивость, проявляющаяся преимущественно в виде модуляции типичных элементов внутригодового хода (изменения от года к году амплитуды, формы, времени наступления половодий и паводков) при постоянном уровне водности в бассейнах (изменение условий меженного стока).

2. Реки со средней зарегулированностью стока, режим которых меняется от верховья к низовью. К этой группе относится река Свирь, для временной изменчивости которой в среднем и нижнем течении свойственен достаточно хорошо выраженный годовой ход, а межгодовая изменчивость проявляется как в виде модуляции характерных элементов внутригодового хода, так и долгопериодного колебания водности в бассейне. В верхнем течении временная изменчивость носит черты рек следующей группы.

3. Озерные реки (Нева, Вуокса), режим стока которых существенно видоизменен под влиянием долгопериодных колебаний водности, обусловленных соответствующими колебаниями слабо уровня наполнения питающих их озер. Для временной изменчивости стока этих рек характерен выраженный внутригодовой ход, проявляющийся на фоне преобладающего долгопериодного колебания водности.

Главной целью данной работы является выявление основных особенностей временной изменчивости водности впадающих в Ладожское озеро рек (Вуокса, Волхов, Свирь) в условиях естественного и нарушенного режима.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Провести анализ многолетних колебаний речного притока в Ладожское озеро;

2. Провести анализ внутригодовых колебаний речного притока в Ладожское озеро;

3. Оценить взаимосвязь речного притока и уровня Ладожского озера.

Для решения поставленных задач в работе использовались данные наблюдений над расходами рек (Волхов, Вуокса, Свирь), составляющих 85% приходной части стока в Ладожское озеро и уровнями воды озер (Ильмень, Сайма и Онежское озеро). Исходные данные анализируемых рек и озер: месячные и годовые расходы и уровни воды, приведены в приложении.

Речной сток рассматривается как вероятностно-полициклический процесс с основными энергонесущими зонами в диапазонах частот, соответствующих многолетним ($T > 1$ года) и внутригодовым ($T < 1$ года) колебаниям. Для установления особенностей внутригодовых колебаний использованы данные наблюдений над среднемесячными расходами воды рек (в диапазонах следующих лет): Вуокса (1850-2014 гг.), Свирь (1881-2014 гг.), Волхов (1945-2014 гг.). Для анализа многолетней изменчивости использовались данные наблюдений над среднегодовыми расходами рек (в диапазонах следующих лет): Вуокса (1850-2014 гг.), Свирь (1881-2014 гг.), Волхов (1945-2014 гг.).

Реализации среднемесячных расходов воды интерпретируется как периодически корреляционно-случайные процессы. А реализации среднегодовых расходов воды, как стационарно-случайные процессы.

1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

1.1. Особенности Ладожского озера и его режим

Ладожское озеро – крупнейшее озеро Европы (занимает 16 место по площади и 14 по объему в ряду самых крупных пресноводных водоемов мира).

Озеро расположено между 59°54 и 61°47 северной широты, 29°47 и 32°58 восточной долготы. Имеет форму несколько расширяющегося к югу четырехугольника, длинная ось которого направлена с севера (северо-запада) на юг (юго-восток). Площадь Ладожского озера – 17872 км² (с островами 18,2 тыс. км²), длина его с юга на север 219 км, наибольшая ширина 138 км.

Водосборный бассейн Ладожского озера находится в умеренном поясе северного полушария в зоне тайги. Он расположен на территории трех государств – России (80%), Финляндии (19,9%) и Белоруссии (0,1%). В пределах России он размещен в семи субъектах Федерации (Ленинградская область – 39%, Карелия – 29%, Новгородская область – 17%, Псковская область – 6%, Тверская область – 4%, Вологодская область – 3%, Архангельская область – 2%). Ладожское озеро принимает сток с водосборного бассейна площадью 258 тыс. км², включающего четыре вторичных бассейна: частный бассейн Ладожского озера (28,4 тыс. км²), Онежско-Свирский (83,2 тыс. км²), Ильмень-Волховский (80,2 тыс. км²) и Сайма-Вуокский (66,7 тыс. км²). Любые изменения, происходящие на обширной территории водосбора, превышающей в 14,6 раз площадь самого озера, неизбежно сказываются на Ладожском озере.

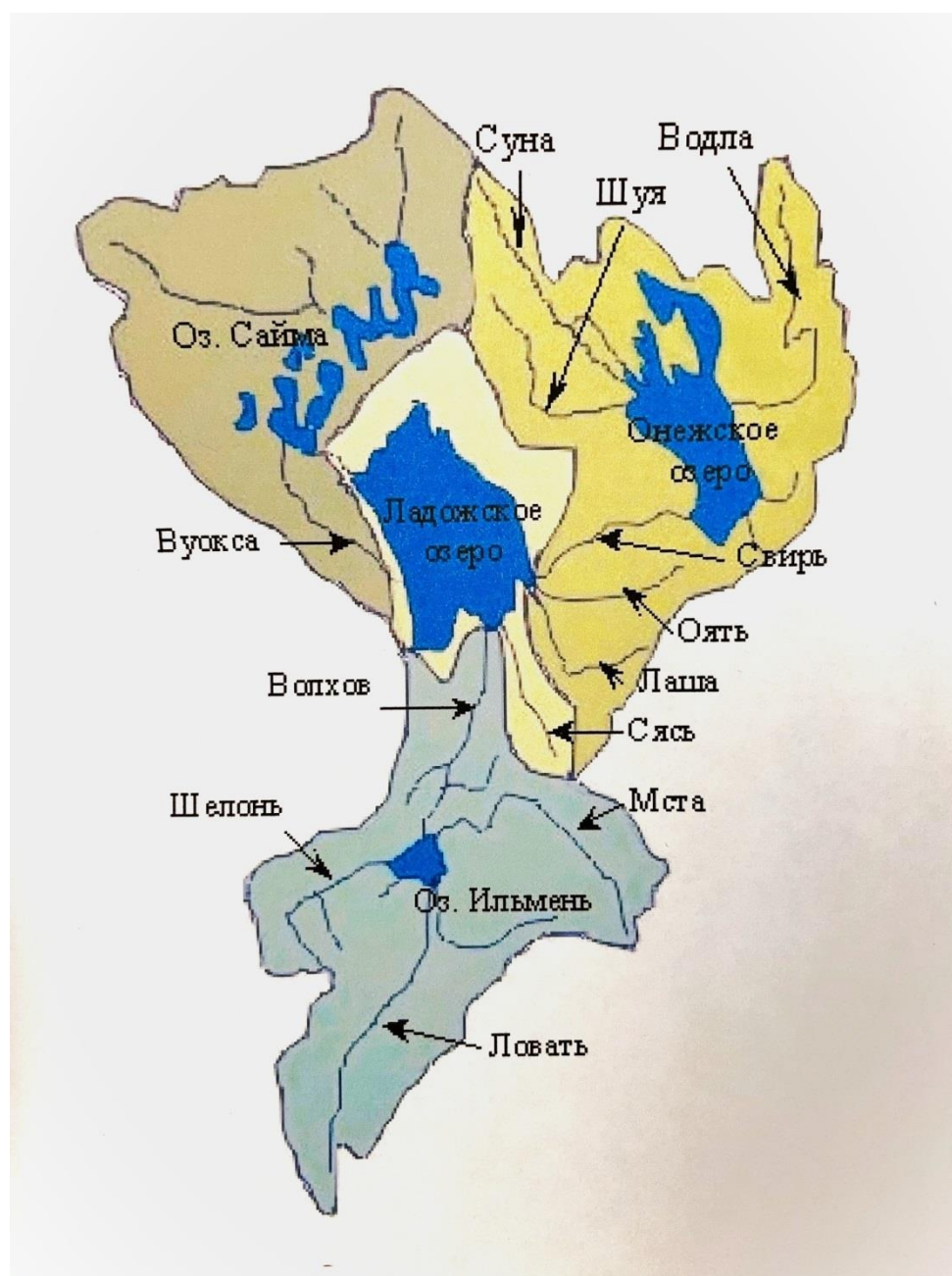


Рисунок 1.1 – Водосбор Ладожского озера

Природные процессы в Ладожском озере и на его побережьях в значительной мере определяются размерами и формой озерной котловины и характером водосборного бассейна. Озерная система Ладоги сформировалась на стыке Балтийского кристаллического щита с Русской платформой. По особенностям геологического строения разделяется на две части: северную и южную. Северная часть – расположена в пределах южного окончания Балтийского щита, под маломощными четвертичными отложениями залегают

докембрийские породы. Характеризуется выходом на поверхность древнейших пород (гранитов и гнейсов), имеющих возраст до 2 млрд. лет. Южная – сложена в основном теригенными и карбонатными отложениями осадочного чехла Русской платформы, залегающими с резким угловым несогласием подстилающих породах складчатого фундамента.

Таблица 1.1 – Морфометрические особенности Ладожского озера

Высота над уровнем моря	5,1 м
Площадь водосбора	258600 км ²
Общая площадь	18135 км ²
Площадь зеркала	17872 км ²
Объем	837,9 км ³
Средняя глубина	46,9 м
Максимальная глубина	233 м
Максимальная длина	219 км
Максимальная ширина	138 км
Направление главных осей	С (СЗ) - Ю(ЮВ)
Длина береговой линии	1570 км
Площадь островов	456,6 км ²
Отношение площади островной	2,5%
Время водообмена	11 лет

По распределению глубин и особенностям рельефа дна в Ладожском озере выделяются три участка, отделенные друг от друга уступами. Первый участок, охватывающий северную часть озера, по рельефу наиболее сложен. Амплитуды его достигают 230 м, а крутизна подводных склонов – 10°. Здесь отмечаются наибольшие глубины (233 м). Рельеф дна резко расчлененный. На втором участке, расположенном в центральной части озера, находится аккумулятивная равнина. Выработана она преимущественно на осадочных породах рифея. Глубины здесь колеблются от 50 до 100 м. В рельефе дна отмечаются куполообразные и валообразные поднятия. Третий участок занимает южную часть котловины и представляет собой плоскую, слабонаклонную абразионно-аккумулятивную равнину. Его глубины не превышают 50-60 м.

Наибольшая глубина – 233 м (севернее острова Валаам), глубины от 70 до 200 м характерны для северной части озера, которая отличается резкими перепадами глубин на небольших расстояниях. Глубины в южной части – от 20 до 70 м. Глубины изменяются неравномерно. Наиболее приглублены берега северной части Ладожского озера. По направлению к южному берегу, глубины постепенно уменьшаются, а дно становится более ровным. Средняя глубина озера составляет 46,9 м, объем его водной массы – 837,9 км³. Ладожское озеро имеет относительно правильные контуры. Основными чертами береговой линии Ладоги является изрезанность северной и относительная выравненность южной, юго-восточной и юго-западной частей побережья. Берега северной части озера относятся к шхерному типу и характеризуются большим числом островов и мелководных проливов.

За пределами развития шхер (на западном и восточном побережьях озера) береговая линия отличается выравненностью. Преобладают аккумулятивные участки берега с хорошо сформированными песчаными пляжами. На побережье четко прослеживаются серии береговых валов. На западном побережье озера от устья р. Авлоги к северу до бухты Владимирская развиты берега, образованные валунным материалом с песчаным заполнителем. Обычно такие валунные россыпи залегают на плотной серой моренной глине.

Южное побережье озера от Петрокрепости до устья р. Свири отличается низким берегом (высотой 3-4 м), с небольшим дюнным массивом, частью болотистым, и скоплениями валунов, выходящих в озеро небольшими грядами.

В мелководных заливах южной части озера (Волховская и Свирская губы) формируются прибрежные аккумулятивные формы дельтового типа. На Ладожском озере около 660 островов площадью 456,6 км². Около 500 островов расположено у северо-западного берега, около 65 – в центральной части озера

(Валаамские острова и Западный архипелаг). Наибольшие острова: Рикалансаари (53,3 км²), Мантинсаари (39,4 км²) и Валаам (27,8 км²).

Ладожское озеро относится к слабо зарастающим озерам. Низкая температура воды, малое количество биогенных веществ и слабое колебание уровня сдерживают развитие растений. Однако, не смотря на то, что степень зарастания озера невысокая, общая площадь зарослей более 130 км².

Значительная площадь озера приводит к большому флористическому и биоценотическому разнообразию сообществ береговой полосы. Хорошо зарастает растительностью песчаная и глинистая литораль. На каменистой литорали разнообразие сообществ невелико. Скалисто-глыбовая литораль высшей растительности лишена. Наибольшее разнообразие видов и сообществ характерно для защищенной от волнений илистой литорали, которая встречается в вершинах заливов в шхерах Ладоги.

Ладожское озеро принимает через реку Свирь воды Онежского озера, а через реку Волхов воды озера Ильмень. Река Нева является единственной рекой, вытекающей из Ладожского озера. Ладожское озеро питается множеством рек и стоками озера; более значительны из них: с юга – Волхов (сток озера Ильмень), с юго-востока – Свирь (сток Онежского озера), с запада – Вуокса (сток озера Сайма). Целых 85% приходной части водного баланса озера (в среднем 67,8 км³ воды в год) даёт приток речных вод (главным образом Свири, Вуоксы и Волхова), 13% – атмосферные осадки и 2% - приток подземных вод.

В расходной части 92% водного баланса падает на сток реки Невы (в среднем 78,1 км³ в год) и 8% – на испарение с водной поверхности.

Колебания уровня носят плавный характер. Уровень воды начинает повышаться со второй половины апреля за счёт весеннего половодья рек и в июне-июле достигает своего максимума, а затем постепенно понижается до

своего минимума в декабре-январе. Средняя высота подъема уровня 0,5-0,7 м, а в многоводные годы около 1 м. Наивысший уровень воды – 6,64 см – за последние 120 лет наблюдался в июне 1924 года; низший – 3,48 см – зафиксирован в феврале 1942 года. Средний многолетний уровень озера – 4,84 см. Сгонно-нагонные колебания уровня, вызываемые продолжительными сильными ветрами, наиболее значительны осенью и достигают 0,3-0,4 м. Кроме сгонно-нагонных колебаний уровня, на Ладожском озере наблюдаются внезапные сейшевые колебания, достигающие у берегов 0,3 м. Наибольшая высота волн в северной и центральной частях озера 3-3,5 м, реже 5-6 м, в южной до 2,5 м. Осенью часто штормы. В прошлом речные суда из-за этого не могли ходить по Ладоге, и для них были сооружены специальные обходные каналы вдоль южного побережья.

В период навигации наиболее часты ветры северных направлений. В южной части Ладожского озера с мая по июль преобладают северные и западные ветры, повторяемость которых 26-28 %. В северной части озера с апреля по август чаще наблюдаются северо-восточные ветры.

Наиболее благоприятны для судоходства июнь, июль и первая половина августа, когда на Ладожском озере преобладают ветры со скоростью до 6 м/с.

Штормовые ветры начинаются с конца августа; повторяемость их в осеннее время года составляет от 2 до 5 дней в месяц. Наибольшее число дней со штормовыми ветрами приходится на октябрь, когда продолжительность этих ветров со скоростью 14-17 м/с достигает 4 суток. Северные устойчивые штормовые ветры, достигающие скорости 24 м/с, могут развить в южной части Ладожского озера ветровую волну, высотой до 6 м. Сравнительно часто на Ладожском озере наблюдается зыбь, продолжающаяся иногда несколько суток, при этом высота зыби достигает 1,2-1,5 м.

В открытой части Ладожского озера на весну и начало лета приходится наибольшее число дней с туманами за навигацию (5-7 в месяц). Туманы эти обычно перемещаются вместе с ледяными полями; они занимают небольшую площадь, но бывают довольно густыми. Осенью по всему району также нередко густые и продолжительные туманы с моросью; они занимают большую площадь и распространяются на значительную высоту от поверхности озера.

В Ладожском озере действуют поверхностные течения, которые в значительной степени подвержены влиянию ветров. Течения имеют замкнутую циркуляцию, направленную против часовой стрелки; наибольшая скорость течения (0,6-1,1 км/ч) отмечается у восточного и западного берегов озера; на остальной акватории озера скорость течения не превышает 0,2-0,4 км/ч. Приведенные выше сведения о течениях в Ладожском озере указаны для обычных метеорологических условий и ветров, имеющих скорость не более 5 м/с.

Формирование климатических особенностей происходит под воздействием морских атлантических воздушных масс, континентальных масс умеренных широт и частых вторжений арктического воздуха. Заметное влияние на климатические условия оказывает и само озеро. Величина годовой солнечной радиации в бассейне Ладожского озера составляет 290-420 кДж·см² в год.

Погодные условия в регионе Ладожского озера определяются, прежде всего, циклонической деятельностью, которая способствует интенсивному обмену теплых и холодных воздушных масс, а также транспортировкой влаги с океанов на материк. Воздушные массы, приходящие с Атлантического океана, зимой приносят обильные снегопады и оттепели, а летом - дождливую и ветреную погоду. Климат умеренно холодный. Средняя температура воздуха в районе Ладожского озера по данным наблюдений 1881-1960 гг. + 3.2°С.

Средняя температура самого холодного месяца (февраля) - 8.8°C , самого теплого (июля) $+ 16.3^{\circ}\text{C}$. Озеро покрыто льдом в среднем с февраля по май.

Среднее годовое количество осадков по данным за тот же период – 475 мм.

Наименьшее количество осадков выпадает в феврале-марте (24 мм в месяц), наибольшее – в сентябре (58 мм в месяц). Карельский берег Ладоги наиболее теплый, с мягкой зимой. Отличается длительным вегетационным периодом и наибольшей продолжительностью безморозного периода. Средняя температура воздуха в январе от -8 до -10°C , и июле около $+ 16^{\circ}\text{C}$, безморозный период 120-130 дней, число дней со снежным покровом изменяется от 135 до 145 дней.

Количество выпадающих за год осадков – 650 мм, из них 200 мм выпадает в вегетационный период.

По термической классификации Ладожское озеро принадлежит к классу так называемых димиктических озер, для которых характерны два периода полного перемешивания – весной и осенью, а также летняя прямая и зимняя обратная стратификация. Термический режим различен в глубоководной, центральной части и мелководных прибрежных районах озера. Из-за длительного и сильного зимнего охлаждения вода в озере и летом очень холодная; она прогревается только в тонком верхнем слое и в прибрежной полосе. В августе средняя температура поверхности воды около 16°C , наибольшая до 25°C ; температура придонных слоев воды от 2 до $2,5^{\circ}\text{C}$ зимой и до $4-5^{\circ}\text{C}$ летом. Прибрежные районы и заливы Ладожского озера замерзают в основном в начале декабря, открытая центральная часть – в январе - феврале.

Средняя толщина льда 50-60 см, наибольшая 90-100 см. Центральная часть озера вскрывается в марте-начале апреля, северная – в начале мая.

Цвет воды жёлто-бурый. Средняя прозрачность в центральной части озера 4,5 м, у западного побережья 2-2,5 м, у восточного 1-2 м, в приустьевых участках 0,3-0,9 м; наибольшая прозрачность до 8-10 м (к Западу от острова Валаам). По преобладающим солевым компонентам воды озера преимущественно гидрокарбонатные кальциевые. На прибрежных участках развиты менее свойственные пресным водоемам сульфатные и хлоридные воды. Значительная часть придонных вод относится к хлоридно-магниевому и сульфатно-натриевому типу.

Недра Ладожского региона хранят разнообразное минеральное сырьё, отдельные виды которого разрабатываются на данной территории. К такому сырью относятся бокситы, известняки, строительные пески, песчано-гравийные материалы, глины, изверженные и метаморфические породы.

Приладожье представлено четырьмя структурно-металлогеническими зонами – медно-колчеданно-полиметаллическая, медно-никель-железо-титановая, редкометалльно-вольфрамовая и редкометалльно-вольфрам-медно-молибденовая, титан-железно-медно-никелевая.

1.2. Гидрография водосбора бассейна Ладожского озера

Ладожское озеро дренирует огромную территорию северо-запада Европейской части России, принимая сток с площади в 258.6 тыс. км². Протяженность водосборного бассейна с севера на юг превышает 1000 км, с запада на восток – составляет около 600 км. В бассейне Ладожского озера расположено около 50000 озер, много болот и 3500 рек общей протяженностью около 45000 км. Самыми многоводными притоками озера являются реки Свирь, Вуокса, Волхов.

Волхов – одна из крупных рек Новгородской области. Волхов вытекает из озера Ильмень и впадает в Ладожское озеро. Длина реки 224 километра, в том числе по территории области – 100 километров. Длина ее лишь на 17% превышает длину по прямой линии, проведенной от истока до места впадения в Ладожское озеро. Ширина Волхова возле Новгорода достигает 220 м, ниже по течению ширина реки увеличивается, достигая 350-370 м. Уровень падения его невелик 13-15 м, причем наиболее низкий уровень отмечается в верховье. В нижнем течении реки при пересечении ею глинта образовались пороги. Плотина Волховской гидроэлектростанции подняла уровень воды и закрыла пороги.

Волхов судоходен на всем протяжении. Средние глубины Волхова невелики – 2,5 м. Питаясь, как Нева и Свирь, озерными водами, Волхов, тем не менее, в отличие от этих рек, имеет неравномерный режим. Средний годовой расход воды в устье Волхова – 590 м³/с, но годовая амплитуда колебаний уровня воды составляет 2,2-6,6 метра; на весну приходится свыше 50% всего стока, на осень – 19%. Эти особенности режима связаны с колебаниями уровня в самом озере Ильмень; объем воды в нем меньше количества воды, которое вливают в него притоки. Отсюда большой расход воды в Волхове, когда весной приходят талые воды.

Вуокса берет начало в Сайменском озере и в своих верховьях течет по территории Финляндии, где близ границы образует знаменитый водопад Иматру. Общая длина Вуоксы 156 километров, в том числе 143 километра она течет по территории Ленинградской области. Река собирает воду с площади 68 тысяч квадратных километров, поэтому средний годовой расход в устье Вуоксы очень большой – 682 м³/с. Годовая амплитуда колебаний уровня воды в ней не превышает 3 метров.

На российской территории в порожистой части течения Вуоксы построены две гидроэлектростанции. Ниже река приобретает спокойный характер и состоит из нескольких озер, связанных короткими протоками.

Свирь берет начало в Онежском озере и впадает в Ладожское озеро. Ее длина 224 километра. В среднем течении реки еще недавно существовали пороги, мешавшие судоходству. После постройки на Свири гидроузлов уровень воды поднялся, она затопила пороги, и был создан глубоководный путь на всем протяжении реки. Для прохода судов через гидроузлы сооружены шлюзы. Один из них поднимает и опускает суда сразу на 18 метров. Свирь имеет два значительных притока – Пашу и Оять, используемых для сплава леса.

Сток воды в Свирь в течение года регулируется Онежским озером, поэтому, как и Нева, она отличается равномерным режимом. Средний годовой расход воды в устье Свири – около 815 м³/с. Наибольшая амплитуда колебаний уровня воды составляет 1,4-4,6 метра. Река замерзает в первой-второй декаде декабря, а вскрывается во второй-третьей декаде апреля.

1.3. Хозяйственная деятельность на территории Ладожского озера и современное состояние его экосистемы

Сельское хозяйство имеет значительно больший удельный вес в региональной экономике в приладожских районах Карелии (являющихся наиболее южными районами республики), и в меньшей степени играет роль в Ленинградской области (где приладожские районы являются наиболее северными). Так, например, Сортавала, где сосредоточена одна десятая площадей всей республики ("Искра", "Большевик" и другие совхозы) играет важнейшую роль в сельскохозяйственном производстве Карелии. Одно из наиболее крупных хозяйств государственный племенной завод "Сортавальский". Здесь же развиты птицеводство (совхоз "Приладожский") и звероводство (совхоз "Кааламский" и зверохозяйство).

Приладожье в большей степени относится к зоне рискованного земледелия, однако в целом агроклиматические условия вполне благоприятны для выращивания большинства сельскохозяйственных культур, характерных

для данных широт: овощей, большинства зерновых, кормовых и некоторых технических культур, а также культивирование ягодных кустарников и земляники. Исходно большая часть территории региона была занята лесами или заболочена. В этой связи имеющиеся пашни в основном есть результат сведения лесов и осушения заболоченных территорий.

Сельское хозяйство специализируется на овощеводстве, картофелеводстве, кормовом растениеводстве.

Одновременно в регионе развивалось и мясомолочное животноводство, однако большинство крупных животноводческих хозяйств сконцентрировано в южных районах Ладожского региона. Животноводческие хозяйства специализируются на выращивании крупного рогатого скота, свиноводстве и птицеводстве.

Общая площадь сельскохозяйственных угодий в регионе составляет 297,9 тыс. га, в том числе пашни – 130,4 тыс. га. На одно сельскохозяйственное предприятие в среднем приходится 2500 га сельхозугодий, средняя площадь фермерского хозяйства составляет 8.3 га, личного подсобного хозяйства – 0.19 га.

В Ленинградской области на территории Приладожья функционирует свыше 50 сельскохозяйственных предприятий. Кроме того, в составе аграрного комплекса работает более 1500 фермерских хозяйств, около 60 000 личных подсобных хозяйств, более 600 000 садоводческих участков, а также перерабатывающие предприятия, торфопредприятия и межхозяйственные лесхозы. В направлении с юга на север в регионе увеличивается доля крупных сельскохозяйственных предприятий. В Карельском Приладожье на них приходится более 80% сельхозугодий.

Производство валовой продукции сельского хозяйства сократилось за последние 7 лет на 40%. В наибольшей степени спад производства произошел

в специализированных предприятиях по откорму крупного рогатого скота, свиней, выращиванию нетелей. Произошло увеличение удельного веса личных подсобных хозяйств в общих объемах сельскохозяйственного производства.

С точки зрения сохранения природной среды региона, изменения сельскохозяйственной практики имеют как положительные, так и отрицательные стороны. Увеличение доли небольших хозяйств и частных предприятий создает основу для проведения направленной работы по развитию устойчивого земледелия в регионе. Из уже произошедших положительных сдвигов следует отметить существенное сокращение внесения удобрений. Так, количество вносимых органических удобрений на 1 га сократилось более чем в 4 раза, минеральных – в 9 раз, известкование кислых почв – в 10 раз. С другой стороны, существенное сокращение сельскохозяйственных угодий и поголовья скота привело к выпадению из севооборота многих площадей. Такая ситуация уже привела к сокращению открытых пространств, что негативно влияет на связанные с этими территориями полу естественные природные комплексы.

Более того, это приводит к сокращению кормовой базы ряда ценных объектов, как, например, мигрирующих гусей или местных кабанов. Не восстановление мелиорационных систем приводит к заболачиванию больших площадей и нарушению сложившегося почвенного покрова, что может также иметь необратимые последствия для всего региона.

Экологическая обстановка в регионе определяется во многом антропогенным воздействием на природу и ответной реакцией на него.

Основное воздействие на природную среду Ладожского региона со стороны агропромышленного комплекса проявляется в загрязнении атмосферы и поверхностных вод.

Основными источниками загрязнений атмосферы в регионе являются предприятия металлургической, химической и горнодобывающей отраслей. В этом смысле наименее благоприятная обстановка в Ленинградской области.

Здесь в выбросах доминирует окись углерода (30%, 304,4 тыс. т/год). В этом регионе относительно высока и запыленность воздуха (данные по территории всей Ленинградской области).

По загрязнению поверхностных вод выделяется Карелия, где в водоемах доминируют органические вещества, нефтепродукты и соединения азота, меди и цинка. Такой характер загрязнений обуславливается, прежде всего, стоками предприятий целлюлозно-бумажной промышленности и сельского хозяйства.

Основным источником поступления биогенных и токсических веществ в Ладожское озеро является речной сток, их поступление в озеро продолжает оставаться в центре внимания исследователей. Биогенные элементы и в первую очередь азот и фосфор ответственны за ускорение процессов антропогенного эвтрофирования, что является до сих пор одной из актуальных проблем Ладожского озера. Снижение биогенной нагрузки привело к уменьшению концентрации биогенных элементов в самом озере. Сокращение биогенной нагрузки на озеро и некоторое уменьшение концентрации биогенных элементов в воде озера должно было бы отразиться на всей структуре биологических сообществ и интенсивности их функционирования. Однако в Ладожском озере этого не происходит, ввиду его огромных размеров, пространственной неоднородности, а также инертности внутренних процессов.

Данные по фитопланктону характеризуют озеро как мезотрофное. Что касается видового состава фитопланктона, то в настоящее время он достаточно близок к тому, что было получено в начале 1900-х годов, однако численность доминирующих видов изменилась.

В последнее десятилетие резко сократились запасы таких озерно-речных рыб, как волховский сиг, лосось и кумжа (озерная форель). Отмеченное уменьшение запасов этих видов рыб произошло из-за строительства плотин на многих нерестовых реках, нарушения условий воспроизводства под влиянием лесосплава. Изменения в экосистеме озера сказались на состоянии запасов не только озерно-речных, но и группы озерных рыб, весь жизненный цикл которых протекает в озерной среде - это палья, озерный сиг. Запасы части видов не остаются постоянными и изменяются как в смежные годы, так и на протяжении длительных временных отрезков в зависимости от колебаний условий обитания.

Численность большинства видов, представляющих промысловый интерес (хариуса, жерева, сырты, угря, сига, ряпушки), невелика. В последние десятилетия она еще более снизилась в связи с ухудшением состояния среды, уничтожением нерестилищ и под влиянием браконьерства. Поэтому уловы многих рыб, имевших в прошлом промысловое значение, также упали.

2. МНОГОЛЕТНЕЕ КОЛЕБАНИЕ РЕЧНОГО ПРИТОКА В ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО

Для анализа особенностей многолетнего хода колебаний водности использовались данные наблюдений над среднегодовыми расходами воды рек, впадающих в Ладожское озеро (Вуокса, Свирь, Волхов). Анализируемые реки относятся к числу, так называемых озерных рек. О чем свидетельствуют приведенные ниже совмещенные графики хода расходов воды рек и уровней воды озер (рис.2.1-2.3), и графики связи уровней воды озер и расходов воды рек (рис.2.4-2.11). Графики показывают, что реки практически полностью повторяют режим колебания уровня (наполнения) озер.

Гидрологические ряды исходных данных прошли проверку на однородность. Для чего были использованы два параметрических критерия – критерии Фишера и Стьюдента. Оба этих критерия относятся к категории стандартных критериев и рекомендуется в большинстве нормативных документов в качестве официального теста на однородность. Критерий Фишера используется для проверки однородности гидрологических рядов по дисперсии. Критерий Стьюдента используется для проверки однородности гидрологических рядов по среднему значению. Проверка рядов исходных данных, анализируемых рек, на однородность показала, что ряды однородны (стационарны).

В зависимости от антропогенной нагрузки ряды исходных данных были разбиты на участки. Так, для реки Вуокса ряды разделены на отрезки: 1850-1899 гг. – естественное состояние (режим) реки, 1900-1948 гг. – нарушенный режим, в связи со строительством Сайменского канала, 1949-2014 гг. – режим установившийся после введения каскада ГЭС. Для реки Свирь исходные ряды разбиты на два участка: 1881-1952 гг. – естественный режим, 1953-2014 гг. – режим также установившийся после введения каскада ГЭС на территории водосбора Ладожского озера. Для реки Волхов деление на

отрезки не предусмотрено, так как ряд предусматривает данные наблюдений за расходами только после введения в эксплуатацию Волховской ГЭС. В целом реки охватывают типы водного режима, свойственного для водосбора, а, следовательно, характеризуют основные особенности многолетнего хода колебаний водности на водосборе.

Многолетняя (межгодовая) изменчивость стока традиционно анализируется по рядам среднегодовых расходов и характеризуется наличием многоводных и маловодных лет. Среднегодовые расходы используются для характеристики нормы и изменчивости годового стока. Принято считать, что для получения достаточно надёжной нормы стока необходимо выбирать такой период наблюдений, в который входило бы одинаковое количество многоводных и маловодных лет.

Межгодовая изменчивость стока река бассейна Ладожского озера проявляется либо в виде модуляции годового хода (изменение от года к году амплитуды, формы, времени наступления половодья и паводка), либо в виде долгопериодного колебания водности в бассейнах рек. Для некоторых рек бассейна характерно также сочетание обоих видов изменчивости. Вид межгодовой изменчивости речного стока тесно связан с типом водного режима, характером и степенью его зарегулированности. Так, для реки Волхов, межгодовая изменчивость проявляется преимущественно в виде модуляции характерных элементов внутригодового хода при незначительном изменении водности в бассейне реки (преобладание климатических факторов в формировании режима). Для рек, со значительной степенью зарегулированности (Свирь и Вуокса), межгодовая изменчивость проявляется либо в виде преобладающего долгопериодного колебания водности, обусловленного соответствующим колебанием уровня наполнения озер при незначительной модуляции элементов внутригодового хода (река Вуокса), либо в виде сочетания модуляции внутригодового хода и долгопериодного колебания водности (река Свирь, особенно в среднем и нижнем течении).

Вид реализаций средних годовых расходов воды анализируемых рек (реализации построены за весь период и за отдельно выбранные отрезки), показывает, что для общей водности рек характерно наличие многоводных и маловодных групп лет. Для их характеристики был использован квантильный анализ данных о средних годовых расходах, рассматриваемых репрезентативных рек. Квантильный анализ заключается в нахождении и построении на графиках реализаций пяти расчётных квантилей: $Q_{0.25}$, $Q_{0.50}$, $Q_{0.75}$, $Q_{\text{нижняя}}$, $Q_{\text{верхняя}}$, определяющие зоны многоводных, экстремально-многоводных, маловодных, экстремально-маловодных групп рек. Многоводными или маловодными годами будут считаться те годы, в которых значения стока выходят за квантили $Q_{0.75}$ и, соответственно, $Q_{0.25}$. Следовательно, годы, когда значения расходов выходят за верхнюю ($Q_{\text{верхняя}} = Q_{0.75}$) и нижнюю ($Q_{\text{нижняя}} = Q_{0.25}$) границы, определяемые по следующим формулам:

$$Q_{\text{верхняя}} = Q_{0.75} + 1.5\bar{Q}$$

$$Q_{\text{нижняя}} = Q_{0.25} - 1.5\bar{Q}$$

где $\bar{Q}$ – интерквантильное расстояние, определяемое по следующей формуле:

$$\bar{Q} = Q_{0.75} - Q_{0.25}$$

Квантильные диаграммы рек (рис.2.20-2.27) построены как для всего периода наблюдений, так и для разбитых отрезков (кроме реки Волхов). Сравнительный их анализ показывает, что у реки Вуокса, на трех ранее обоснованно разбитых участках, различаются дисперсия и среднее значение (так, среднее и дисперсия второго участка значительно больше первого, а свою очередь, третий отрезок имеет куда меньшие значения, чем второй); Река Свирь аналогичным образом на двух разбитых участках имеет разные значения характеристик, что в свою очередь обуславливается различной

степенью режима рек (соответственно так называемого естественного и нарушенного, в связи с антропогенным влиянием).

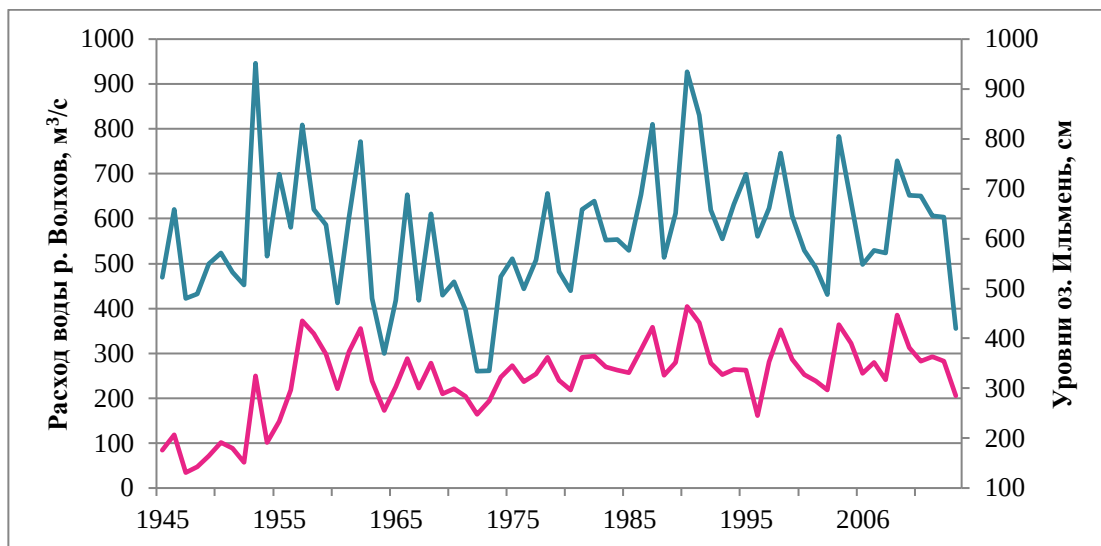


Рисунок 2.1 – Совмещённый график хода средних годовых расходов воды р. Волхов и оз. Ильмень за весь период наблюдений (1945-2014 гг.)

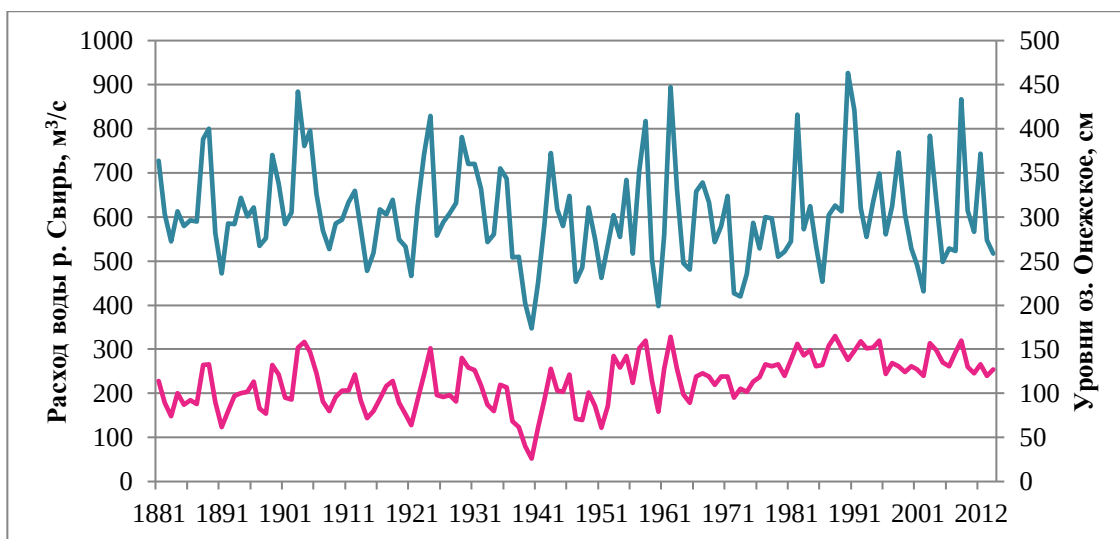


Рисунок 2.2 – Совмещённый график хода средних годовых расходов воды р. Свирь и оз. Онежское за весь период наблюдений (1881-2014 гг.)

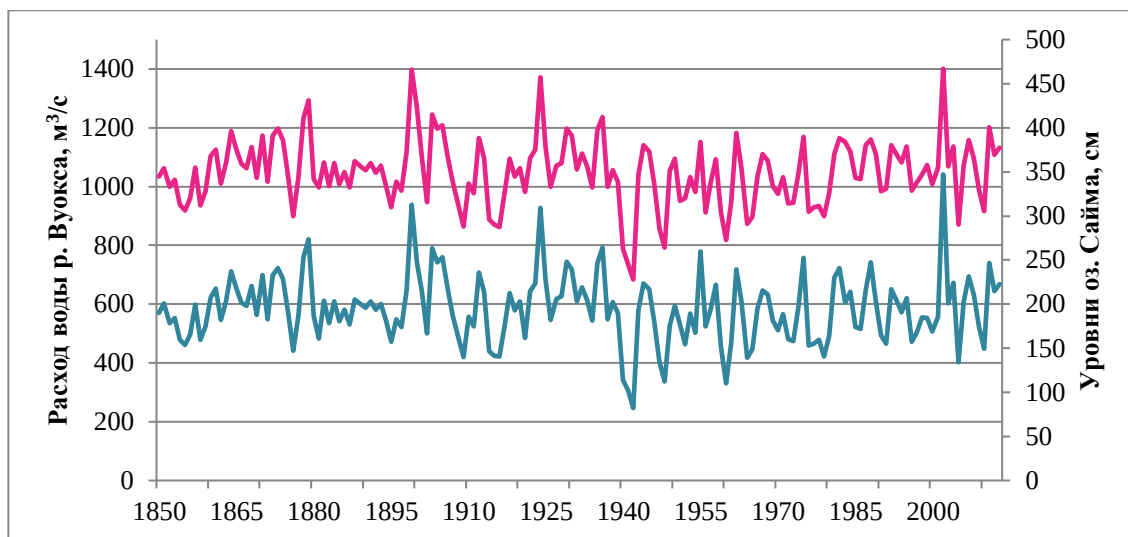


Рисунок 2.3 – Совмещённый график хода средних годовых расходов воды р. Вуокса и оз. Сайма за весь период наблюдений (1850-2014 гг.)

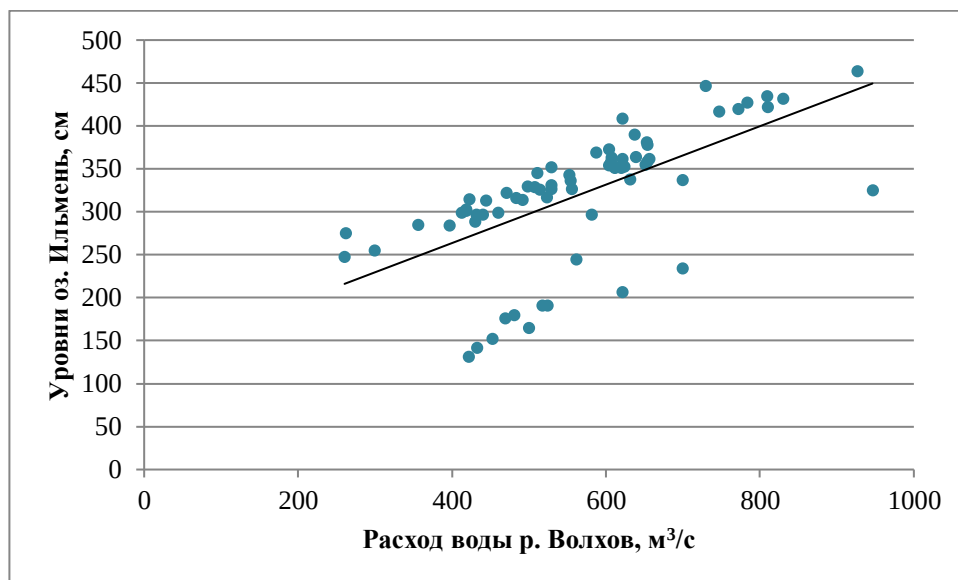


Рисунок 2.4 – График связи среднегодовых расходов воды р. Волхов и среднегодовых уровней оз. Ильмень за весь период наблюдений (1945-2014 гг.)

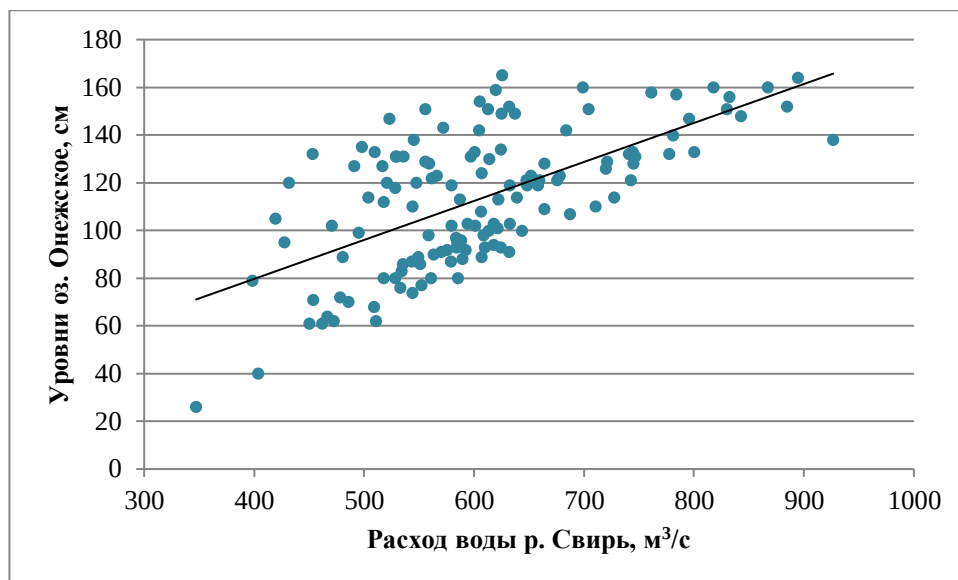


Рисунок 2.5 – График связи среднегодовых расходов воды р. Свирь и среднегодовых уровней оз. Онежское за весь период наблюдений (1881-2014 гг.)

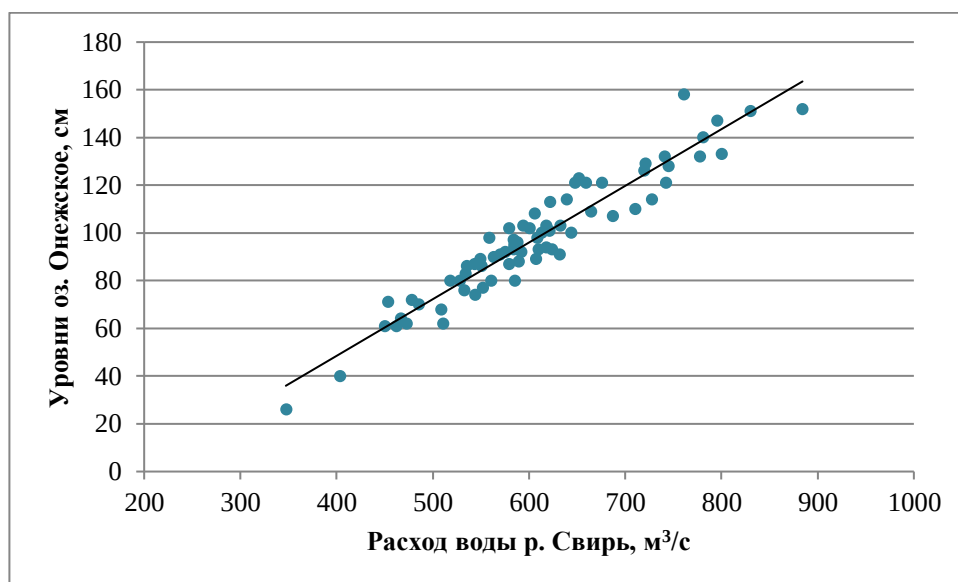


Рисунок 2.6 – График связи среднегодовых расходов воды р. Свирь и среднегодовых уровней оз. Онежское за период наблюдений (1881-1952 гг.)

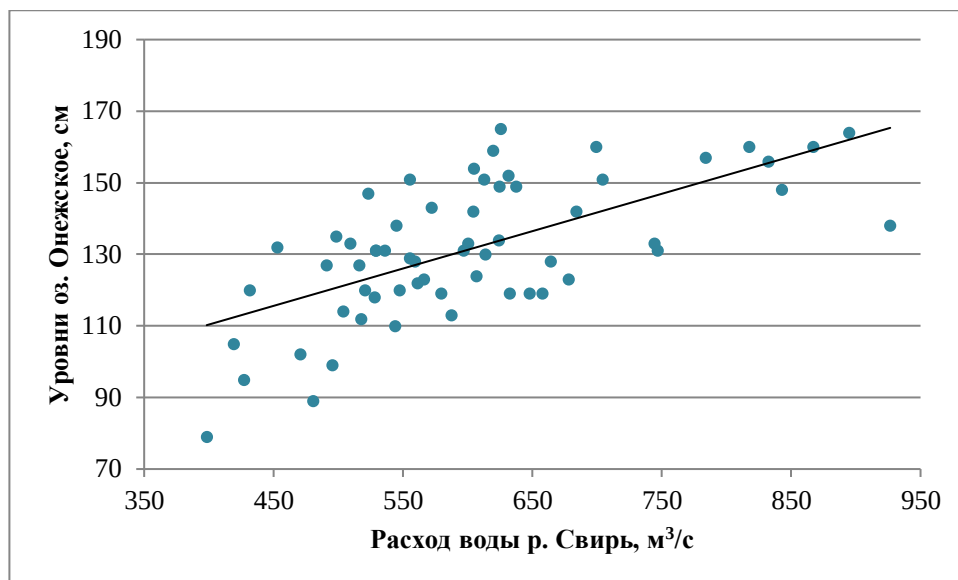


Рисунок 2.7 – График связи среднегодовых расходов воды р. Свирь и среднегодовых уровней оз. Онежское за период наблюдений (1953-2014 гг.)

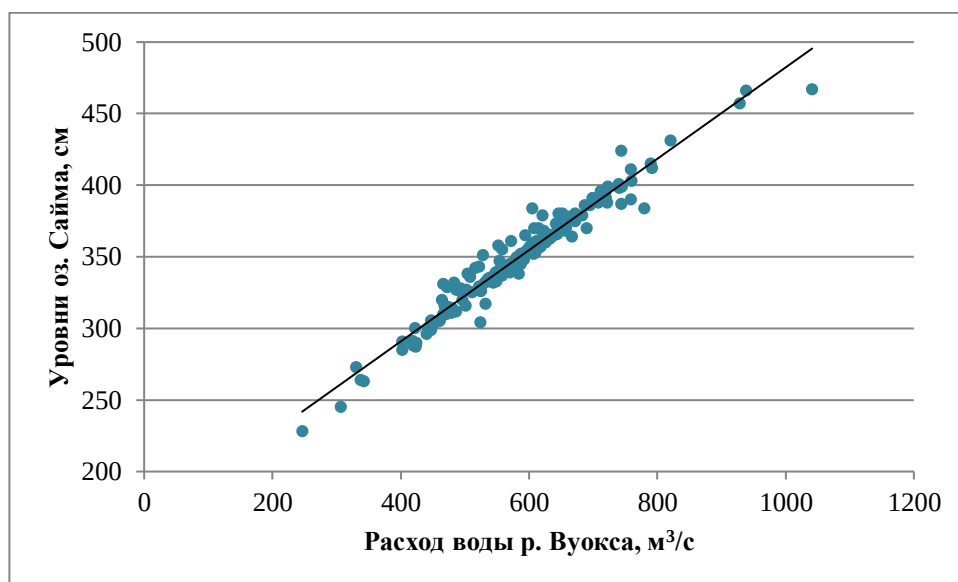


Рисунок 2.8 – График связи среднегодовых расходов воды р. Вуокса и среднегодовых уровней оз. Сайма за весь период наблюдений (1850-2014 гг.)

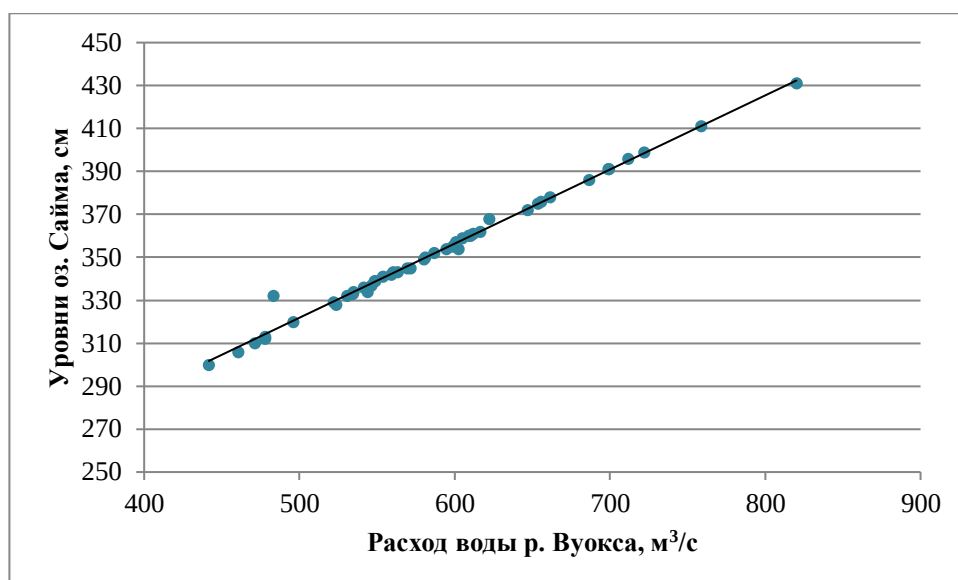


Рисунок 2.9 – График связи среднегодовых расходов воды р. Вуокса и среднегодовых уровней оз. Сайма за период наблюдений (1850-1898 гг.)

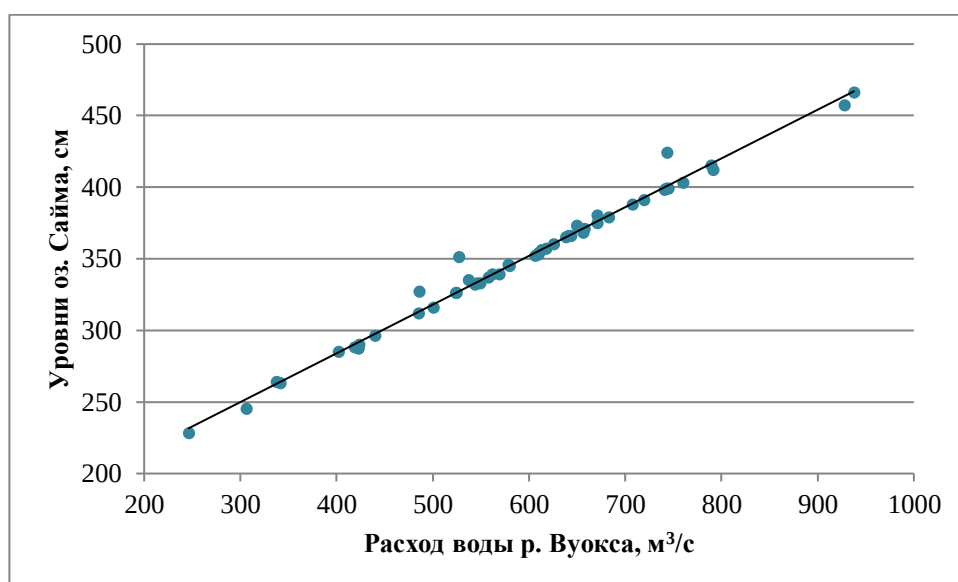


Рисунок 2.10 – График связи среднегодовых расходов воды р. Вуокса и среднегодовых уровней оз. Сайма за период наблюдений (1899-1948 гг.)

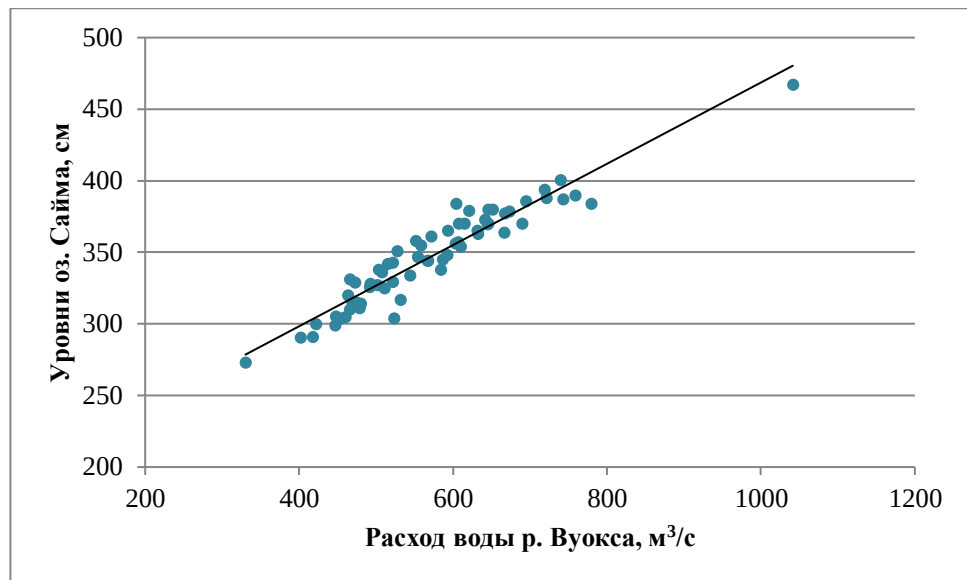


Рисунок 2.11 – График связи среднегодовых расходов воды р. Вуокса и среднегодовых уровней оз. Сайма за период наблюдений (1949-2014 гг.)

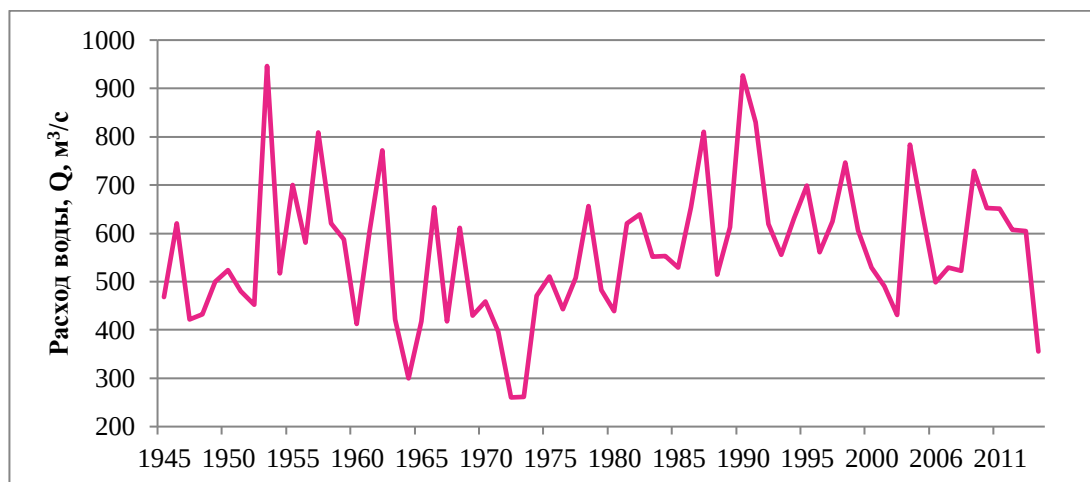


Рисунок 2.12 – График колебания среднегодовых расходов воды р. Волхов за весь период наблюдений (1945-2014 гг.)

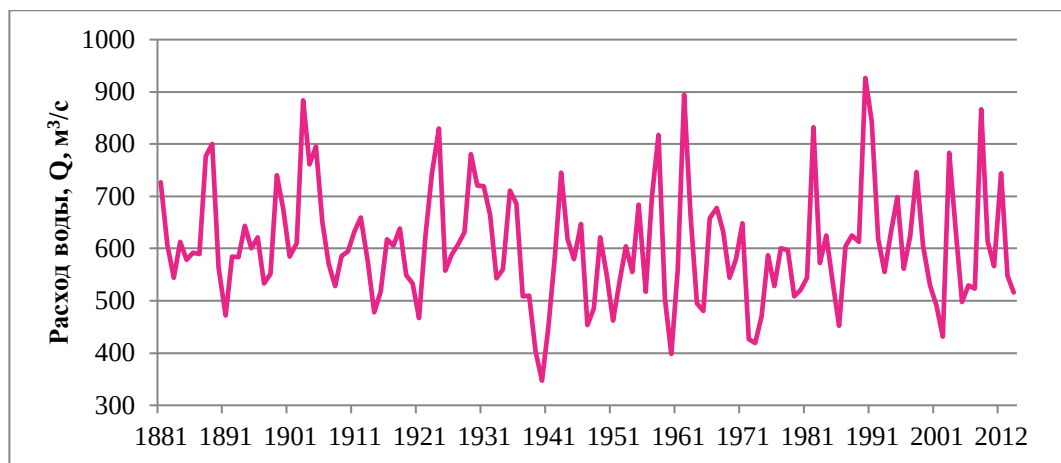


Рисунок 2.13 – График колебания среднегодовых расходов воды р. Свирь за весь период наблюдений (1881-2014 гг.)

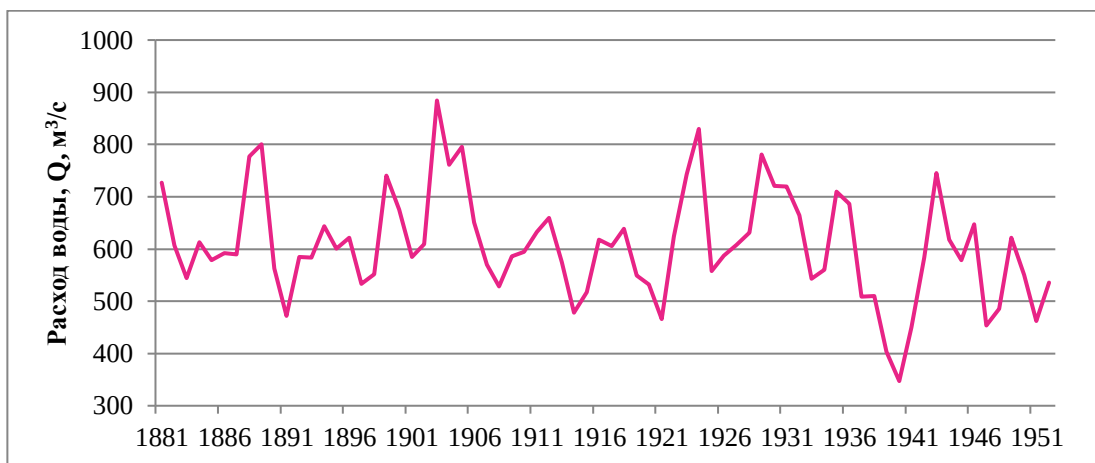


Рисунок 2.14 – График колебания среднегодовых расходов воды р. Свирь за период наблюдений (1881-1952 гг.)

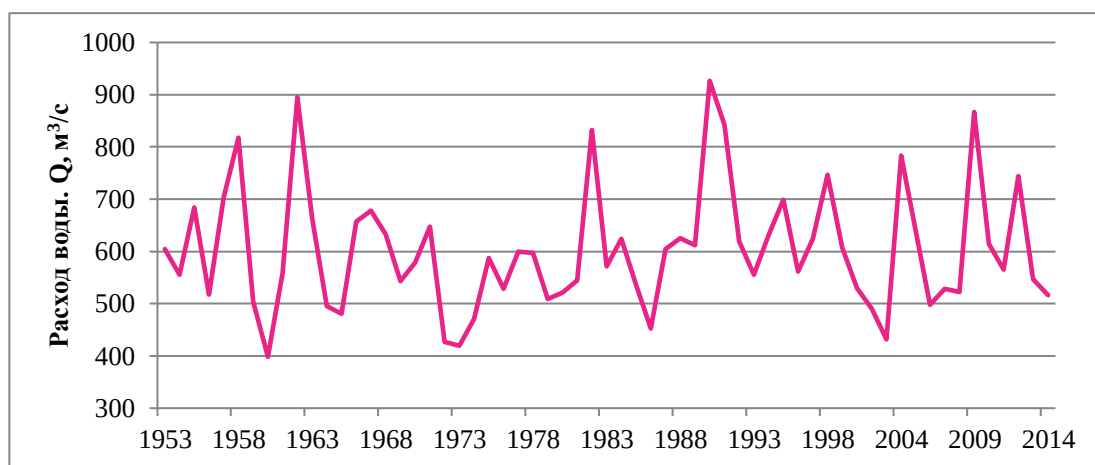


Рисунок 2.15 – График колебания среднегодовых расходов воды р. Свирь за период наблюдений (1953-2014 гг.)

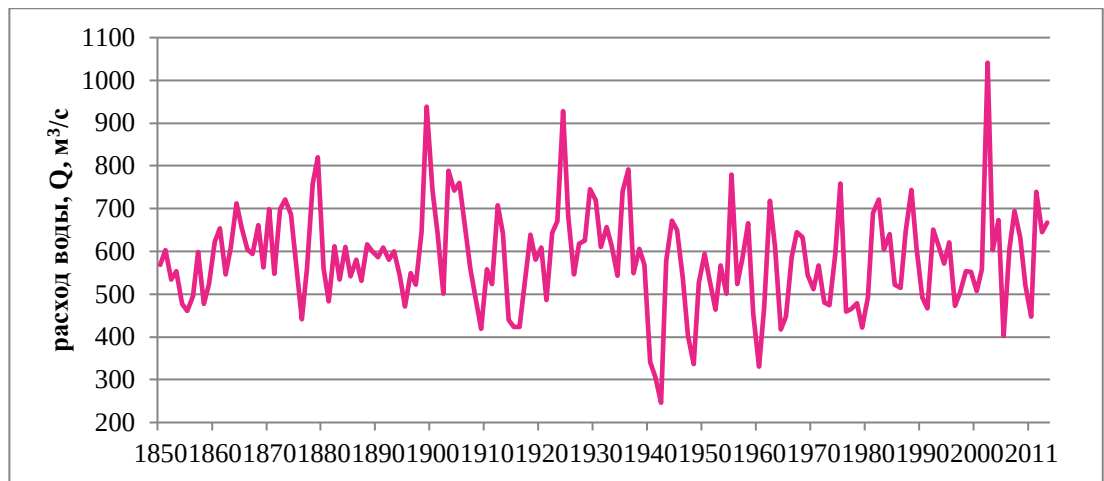


Рисунок 2.16 – График колебания среднегодовых расходов воды р. Вуокса за весь период наблюдений (1850-2014 гг.)

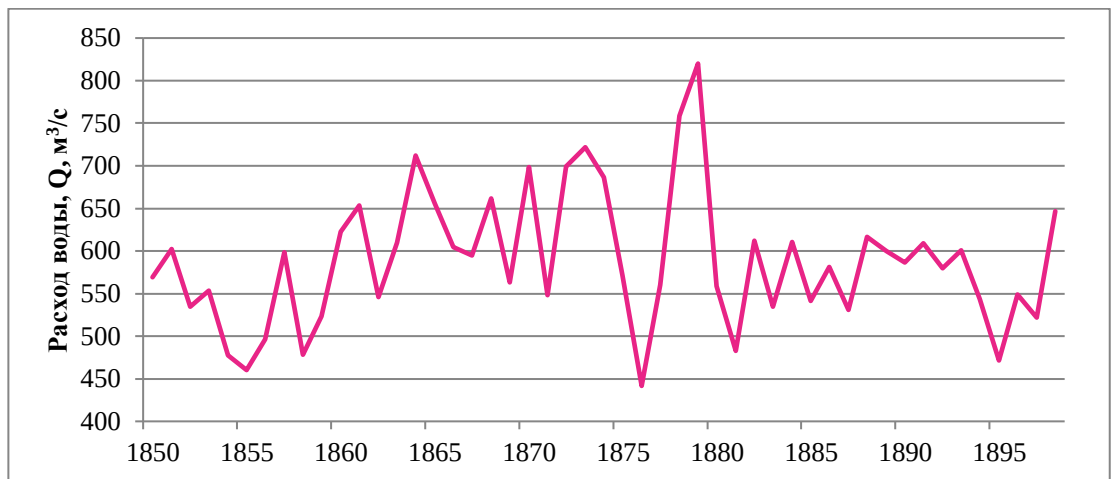


Рисунок 2.17 – График колебания среднегодовых расходов воды р. Вуокса за период наблюдений (1850-1898 гг.)

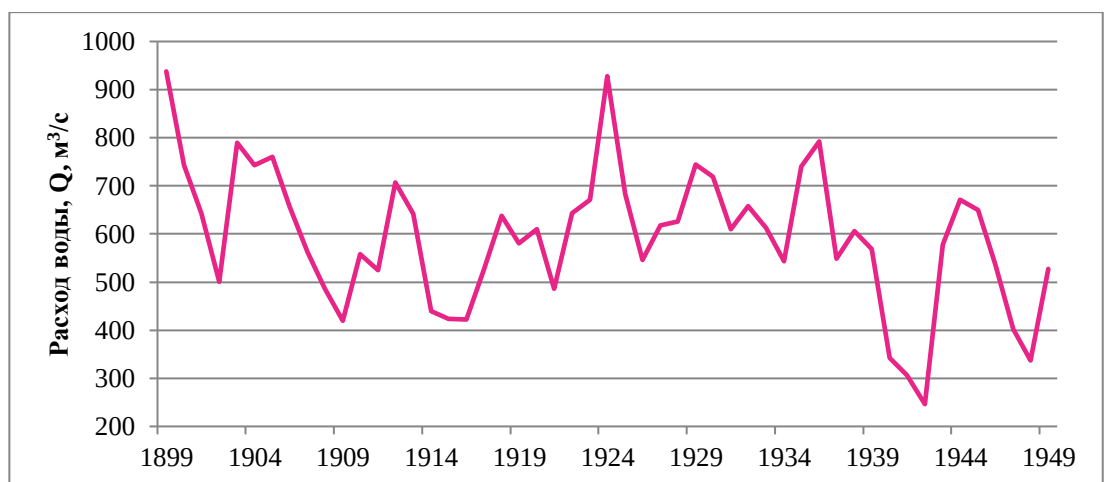


Рисунок 2.18 – График колебания среднегодовых расходов воды р. Вуокса за период наблюдений (1899-1949 гг.)

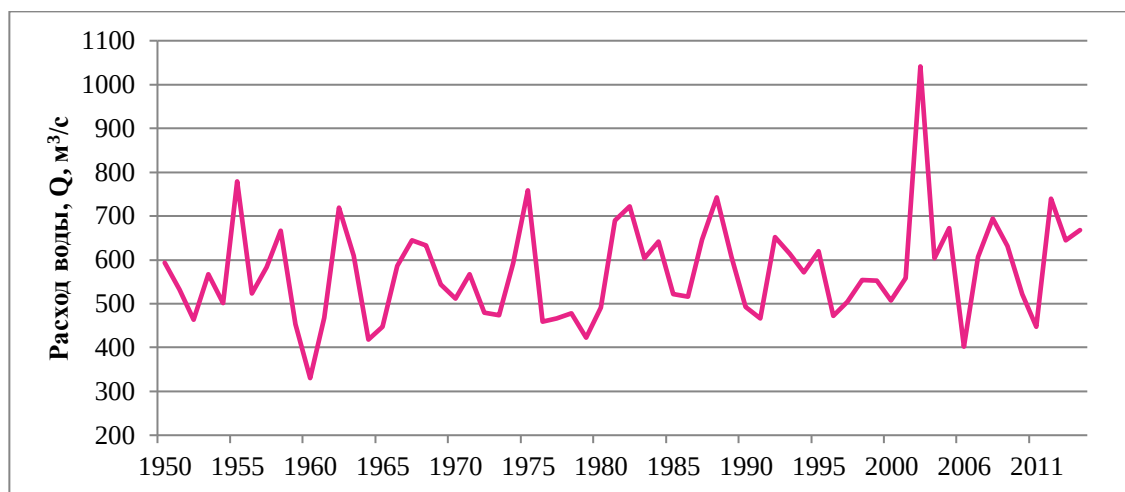


Рисунок 2.19 – График колебания среднегодовых расходов воды р. Вуокса за период наблюдений (1950-2014 гг.)

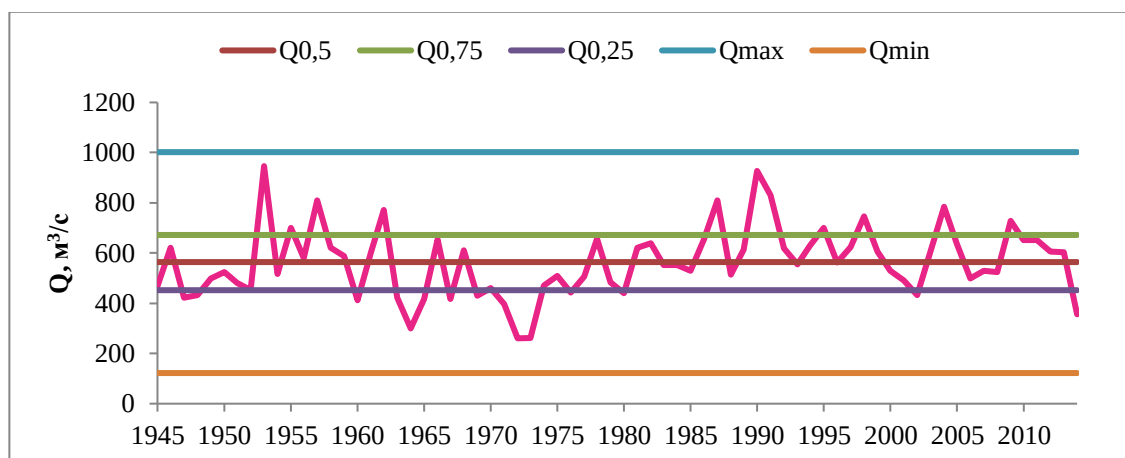


Рисунок 2.20 – Квантильная диаграмма средних годовых расходов воды р. Волхов за весь период наблюдений (1945-2014 гг.)

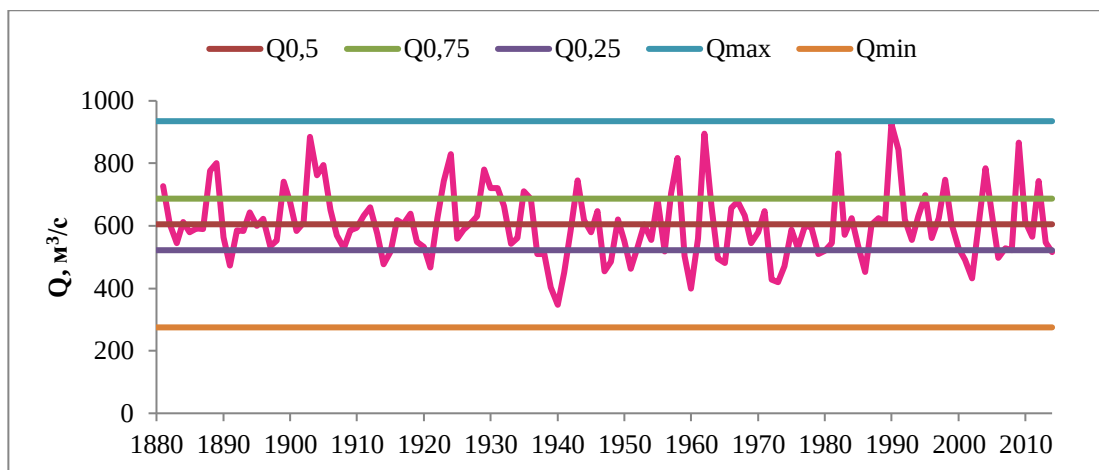


Рисунок 2.21 – Квантильная диаграмма средних годовых расходов воды р. Свирь за весь период наблюдений (1881-2014 гг.)

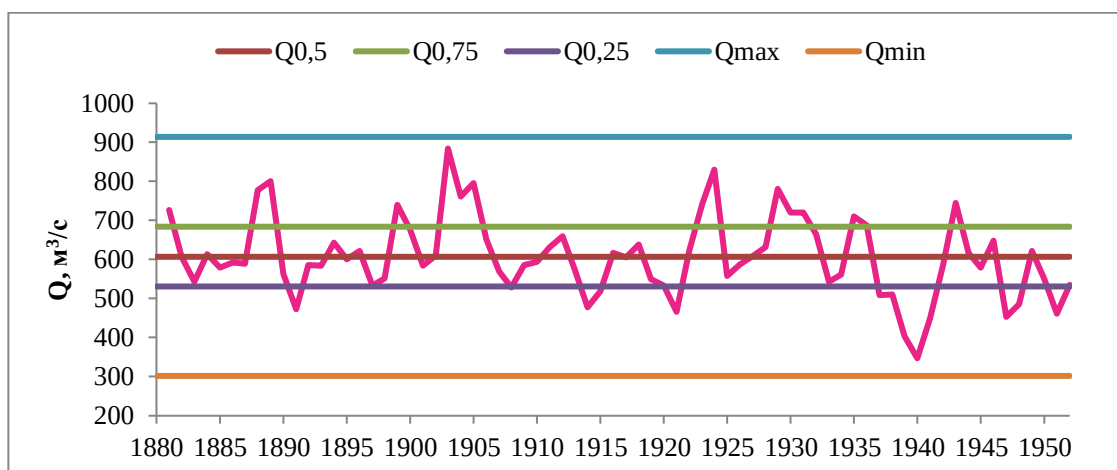


Рисунок 2.22 – Квантильная диаграмма средних годовых расходов воды р. Свирь за период наблюдений (1881-1952 гг.)

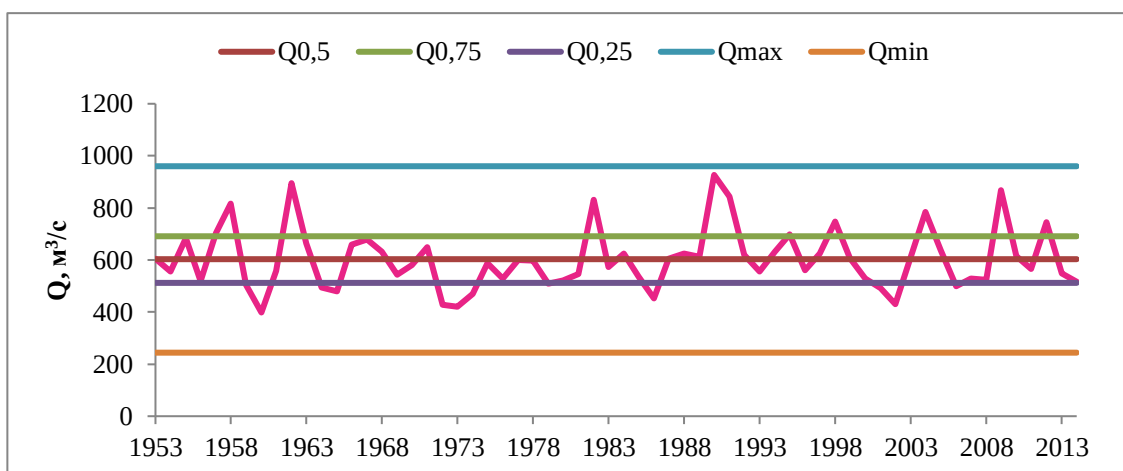


Рисунок 2.23 – Квантильная диаграмма средних годовых расходов воды р. Свирь за период наблюдений (1952-2014 гг.)

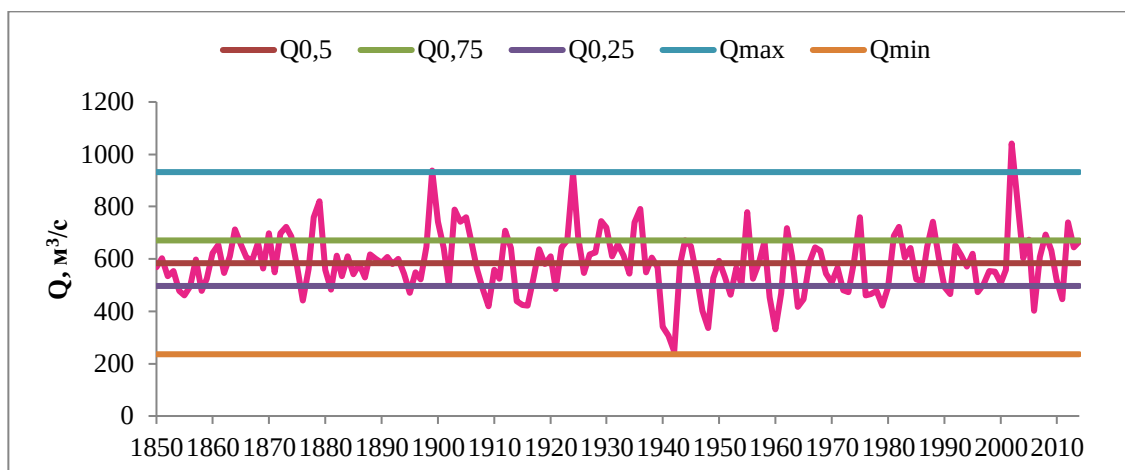


Рисунок 2.24 – Квантильная диаграмма средних годовых расходов воды р. Вуокса за весь период наблюдений (1850-2014 гг.)

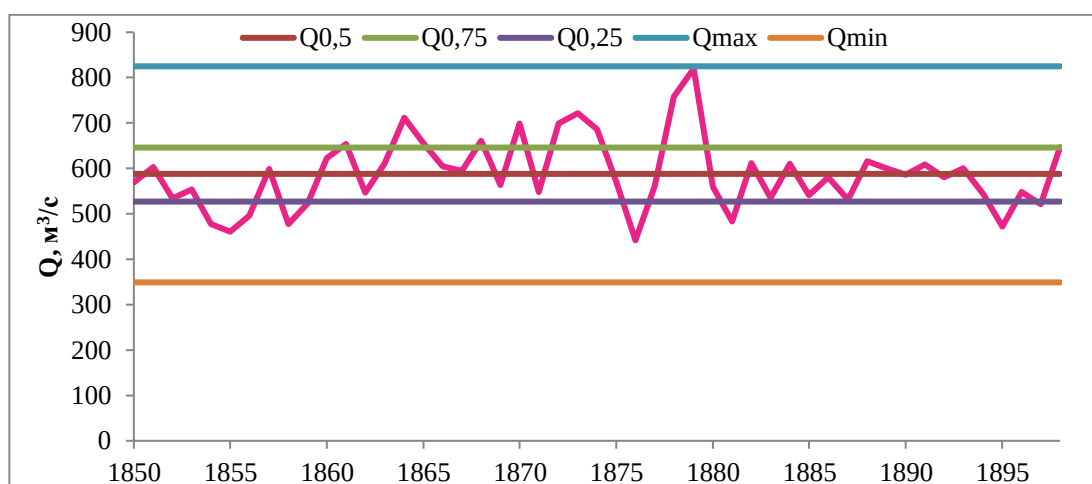


Рисунок 2.25 – Квантильная диаграмма средних годовых расходов воды р. Вуокса за период наблюдений (1850-1898 гг.)

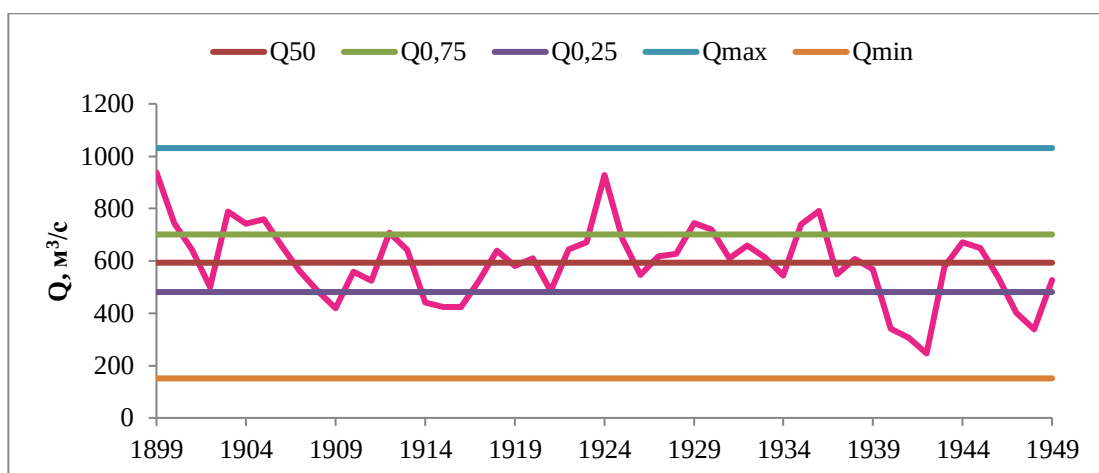


Рисунок 2.26 – Квантильная диаграмма средних годовых расходов воды р. Вуокса за период наблюдений (1899-1949 гг.)

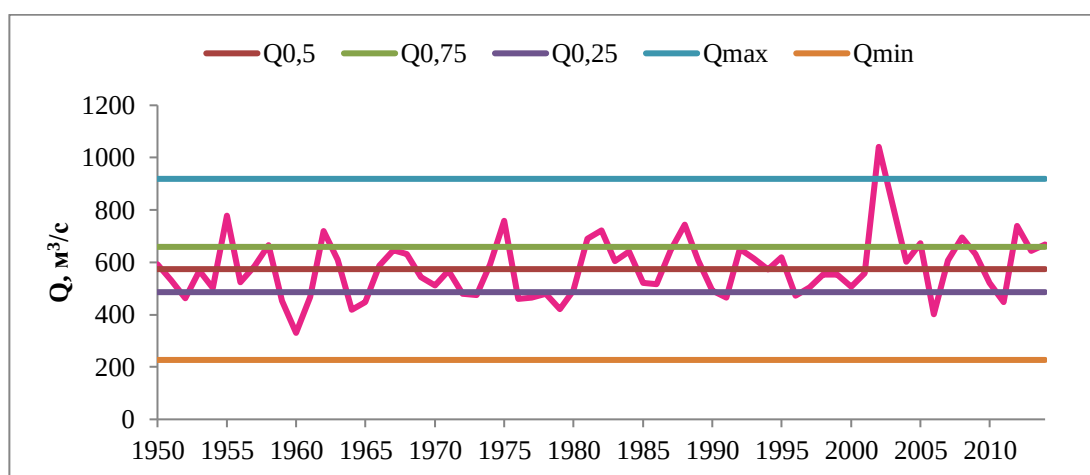


Рисунок 2.27 – Квантильная диаграмма средних годовых расходов воды р. Вуокса за период наблюдений (1950-2014 гг.)

Таблица 2.2 – Результаты квантильного анализа (многоводные годы)

Многоводные годы		
Волхов (1945-2014) $672 < Q < 1002 \text{ м}^3/\text{с}$	Свирь (1881-2014) $684 < Q < 914 \text{ м}^3/\text{с}$	Вуокса (1850-2014) $671 < Q < 932 \text{ м}^3/\text{с}$
1953	1881	1864
1955	1888-1889	1870
1957	1899	1872-1974
1962	1903-1905	1878-1879
1987	1923-1924	1899-1900
1990-1991	1929-1931	1903-1905
1998	1935-1936	1912
2004	1943	1923-1925
2009	1957-1958	1929-1930
	1962	1935-1936
	1982	1955
	1990-1991	1962
	1995	1975

	1998	1981-1982
	2004	1988
	2009	2002
	2012	2005
		2012
Экстремально многоводные годы		
		2002 (1041 м3/с)

Таблица 2.3 – Результаты квантильного анализа (маловодные годы)

Маловодные годы		
Волхов (1945-2014) 122<Q<452 м³/с	Свирь (1881-2014) 531<Q<302 м³/с	Вуокса (1850-2014) 497<Q<236 м³/с
1947-1948	1891	1854-1856
1960	1908	1858
1963-1965	1921	1876
1967	1937-1941	1881
1969	1956	1895
1971-1973	1959-1960	1908-1909
1976	1964-1965	1914-1916
1980	1972-1974	1921
2002	1979-1980	1940-1942
2014	1986	1947-1948
	2000-2002	1952
	2006-2008	1959-1961
	2014	1964-1965
		1976-1980
		1990-1991
		1996
		2006
		2011

Анализируя таблицы результатов квантильного анализа, следует заметить, что цикличность периодов много- и маловодных лет у рек Свирь и Вуокса имеет значительную схожесть в период до пятидесятих годов двадцатого века. Наиболее вероятно, что это связано с антропогенной деятельностью (строительством ГЭС на реках) и дальнейшем регулировании стока. Однако, для всех рассматриваемых рек, одновременно маловодными оказались 1960, 1965 и 1980 годы. В группу многоводных для всех притоков можно отнести только 1962 год. Рассматривая отдельно от Волхова реки Свирь и Вуокса (за неимением данных по первой ранее 1945 года), определяем группы лет одинаковой водности:

- многоводные (1899, 1903-1905, 1923-1924, 1929-1930, 1935-1936, 1962, 1982, 2012);
- маловодные (1908, 1921, 1940-1941, 1959-1960, 1964-1965, 1979-1980, 2006).

Нередко, по характеристике водности, года могут объединяться в фазы много- или маловодности длиной от двух лет до пяти.

3. ВНУТРИГОДОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ РЕЧНОГО ПРИТОКА В ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО

Традиционно для характеристики годового (внутригодового) хода стока рек используются годовые гидрографы (хронологические графики изменения расхода со временем), полученные с различной степенью обобщения по данным о срочных или средних (суточных, декадных, месячных) расходах. В настоящей главе использованы данные о средних месячных расходах рек (Свирь, Вуокса, Волхов).

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

3.1. Расчёт внутригодового распределения методом реального года

Схема составления расчетного внутригодового распределения стока сводится к следующему:

- год делится на три сезона, из которых два маловодных или многоводных объединяются в один лимитирующий период, а внутри этого периода один из сезонов принимается за лимитирующий период;
- для года и лимитирующих периода и сезона рассчитываются значения стока заданной обеспеченности;

- сток нелимитирующего периода определяется по разнице между стоком года и лимитирующего периода, а сток нелимитирующего по разности стока лимитирующего периода и лимитирующего сезона;

- внутрисезонное распределение по месяцам принимается по средним данным для нескольких групп водности рассматриваемого сезона.

В настоящее время наиболее широко в практике гидрологических расчетов при наличии данных наблюдений применяется метод распределения стока по аналогии с распределением реального года.

Расчет по реальному году, т.е. определение внутригодового распределения стока путем выбора расчетного года из имеющихся числа лет наблюдений применяются в случае, если обеспеченность стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон, а также за месяц с наименьшим (или наибольшим) стоком наиболее близки между собой и соответствуют обеспеченности заданной проектом. Расчет методом реального года выполняется в следующей последовательности:

- для всего ряда наблюдений устанавливаются суммы средних месячных расходов воды за год и лимитирующие периоды и сезон, а также минимальный (максимальный) средний месячный расход воды;

- полученные значения для каждой из этих характеристик располагают в порядке убывания (ранжируют) и около них выписываются водохозяйственные годы, к которым они относятся, и их обеспеченности;

- из числа имеющихся лет выбирается год, в котором выполняются вышеуказанные условия;

- для выбранного года устанавливают относительное распределение стока по сезонам и месяцам.

Расчет внутригодового распределения методом реального года, выполненный для анализируемых рек сведен в таблицы № 3.1-3.3 (река Волхов), № 3.4-3.6 (река Свирь), № 3.7-3.9 (река Вуокса). Полученные, по итогам расчета, типовые гидрографы расчетной 90% обеспеченности приведены на рисунках № 3.2-3.4.

Таблица 3.1 – Ранжированные суммы среднемесячных расходов р. Волхов – VI ГЭС

Р%	год/месяц	Сумма Q _{вх}	год/месяц	Сумма Q _{лп}	год/месяц	Сумма Q _{лс}
67.6	2005/06	6163	1948/49	2941	1973/74	1089
69.1	1980/81	6058	2005/06	2923	1961/62	1019
70.6	1993/94	6032	1968/69	2881	1999/00	1009
72.1	1954/55	5987	1966/67	2792	1984/85	983
73.5	1984/85	5957	1967/68	2737	1979/80	942
75.0	1976/77	5926	1992/93	2726	1976/77	923
76.5	1949/50	5560	1969/70	2708	1963/64	818
77.9	1970/71	5537	1993/94	2668	1971/72	817
79.4	1969/70	5514	2007/08	2634	1993/94	815
80.9	1948/49	5508	1979/80	2513	1968/69	808
82.4	1967/68	5461	1970/71	2473	2005/06	779
83.8	1979/80	5326	1999/00	2410	1947/48	773
85.3	1947/48	5205	1947/48	2311	1949/50	767
86.8	2007/08	5049	1959/60	2219	1972/73	743
88.2	1951/52	4934	1963/64	2161	1964/65	738
89.7	1965/66	4820	1965/66	2106	1946/47	733
91.2	1975/76	4453	1971/72	1792	1955/56	683
92.6	1971/72	4417	1951/52	1777	1959/60	623
94.1	1963/64	4412	1973/74	1764	1966/67	576
95.6	1964/65	3639	1964/65	1706	1951/52	566
97.1	1973/74	3524	1972/73	1283	1965/66	536
98.5	1972/73	3058	1975/76	1203	1975/76	443

Таблица 3.2 – Расчёт критерия ΔP для маловодной группы лет р. Волхов – VI ГЭС

в/х год	Обеспеченность, Р%				ΔP
	расчётная	в/х год	лп	лс	
2005/06	90	67.6	69.1	82.4	996
1993/94	90	70.6	77.9	79.4	635
1979/80	90	83.8	80.9	73.5	394
1947/48	90	85.3	85.3	83.8	83
1951/52	90	88.2	92.6	95.6	41
1965/66	90	89.7	89.7	97.1	51
1975/76	90	91.2	98.5	98.5	146
1971/72	90	92.6	91.2	77.9	155
1963/64	90	94.1	88.2	76.5	202
1964/65	90	95.6	95.6	88.2	66
1972/73	90	98.5	94.1	86.8	99

Таблица 3.3 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90% обеспеченности по модели реального водохозяйственного года 1951-52 р. Волхов – VI ГЭС

	Нелимитирующий период (весна)		Лимитирующий период										Сумма Qвх
			Нелимитирующий сезон (лето-осень)						Лимитирующий сезон (зима)				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
год-модель	1240	1150	767	516	242	173	146	134	137	178	140	111	4934.0
Rp, %	25.1	23.3	15.5	10.5	4.9	3.5	3.0	2.7	2.8	3.6	2.8	2.2	100.0
P = 90%	1286	1192	795	535	251	179	151	139	142	185	145	115	5116.0

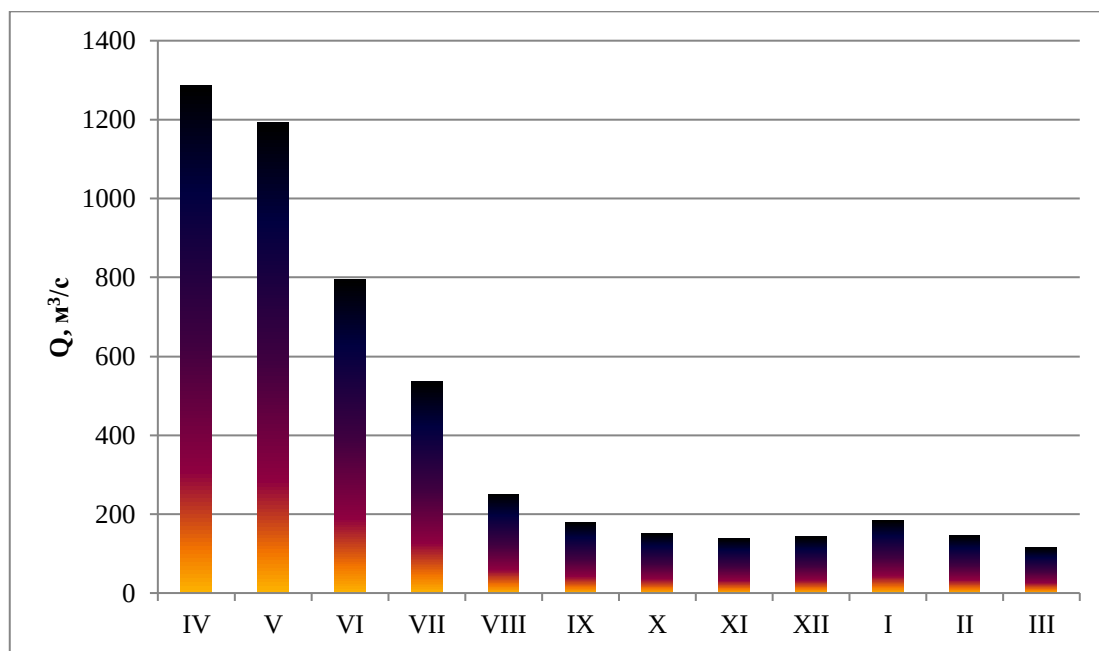


Рисунок 3.2 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90% обеспеченности, полученное методом реального года при наличии данных р. Волхов – VI ГЭС

Таблица 3.4 – Ранжированные суммы среднемесячных расходов р. Свирь – XII ГЭС

Р%	год/месяц	Сумма Q _{вх}	год/месяц	Сумма Q _{лп}	год/месяц	Сумма Q _{лс}
66.7	1934/35	6703	1979/80	4675	1921/22	1724
67.4	1976/77	6703	1975/76	4616	1975/76	1722
68.2	2000/01	6661	1956/57	4604	1995/96	1719
68.9	1901/02	6654	1933/34	4595	1944/45	1700
69.7	1890/91	6647	2013/14	4594	1895/96	1687
70.5	1975/76	6631	1986/87	4590	1890/91	1686
71.2	1915/16	6602	1910/11	4572	1916/17	1662
72.0	1882/83	6595	1948/49	4561	1952/53	1658
72.7	1933/34	6534	1985/86	4522	1906/97	1652
73.5	1908/09	6500	1964/65	4482	1980/81	1644
74.2	2013/14	6431	1890/91	4471	1919/20	1642
75.0	1913/14	6413	1901/02	4444	1941/42	1641
75.8	1919/20	6410	1937/38	4356	1933/34	1636
76.5	1925/26	6360	1913/14	4335	1964/65	1635
77.3	2001/02	6298	1941/42	4327	1917/18	1627
78.0	1948/49	6270	1919/20	4319	1886/87	1623
78.8	1950/51	6261	1882/83	4293	1907/08	1620
79.5	1956/57	6232	1925/26	4265	2000/01	1618
80.3	1937/38	6205	1938/39	4252	1897/98	1611
81.1	2005/06	6163	1980/81	4252	1910/11	1610
81.8	1920/21	6149	1950/51	4230	1936/37	1609
82.6	1897/98	6131	1897/98	4205	1892/93	1581
83.3	1965/66	6078	1995/96	4200	1937/38	1568
84.1	1974/75	6073	1921/22	4198	1946/47	1552
84.8	1938/39	6062	2000/01	4168	1938/39	1536
85.6	1979/80	6041	1959/60	4163	1901/02	1534
86.4	1993/94	6032	1973/74	4158	1913/14	1451
87.1	1985/86	6018	1997/98	4113	1992/93	1437
87.9	1921/22	5903	1920/21	4039	1950/51	1430
88.6	1986/87	5851	1914/15	3921	2007/08	1416
89.4	1980/81	5794	1996/97	3920	1891/92	1366
90.2	1941/42	5755	1891/92	3712	1914/15	1350
90.9	1914/15	5697	1947/48	3682	1960/61	1347
91.7	1964/65	5616	1951/52	3584	1947/48	1342
92.4	1959/60	5589	1960/61	3334	1920/21	1314
93.2	1973/74	5462	2001/02	3214	1882/83	1278
93.9	1951/52	5420	1940/41	3178	1925/26	1266
94.7	1947/48	5381	1972/73	3164	1940/41	1225
95.5	1891/92	5350	1939/40	3024	1951/52	1124
96.2	2007/08	5049	2005/06	2923	1972/73	1048
97.0	1939/40	4473	1992/93	2726	1939/40	1026
97.7	1972/73	4462	1993/94	2668	1999/00	1009
98.5	1960/61	4423	2007/08	2634	1993/94	815
99.2	1940/41	4300	1999/00	2410	2005/06	779

Таблица 3.5 – Расчёт критерия ΔP для маловодной группы лет р. Свирь – XII ГЭС

в/х год	Обеспеченность, Р%		лп	лс	ΔP
	расчётная	в/х год			
1914/15	90	90.9	88.6	90.2	3
1951/52	90	93.9	91.7	95.5	48
1939/40	90	97.0	95.5	97.0	128
1972/73	90	97.7	94.7	96.2	120

Таблица 3.6 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90% обеспеченности по модели реального водохозяйственного года 1914-15 р. Свирь – XII ГЭС

	Нелимитирующий период (весна)		Лимитирующий период										Сумма Q _{вх}
			Нелимитирующий сезон (лето-осень)						Лимитирующий сезон (зима)				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
год-модель	516	649	611	574	564	505	512	416	339	266	343	402	5697.0
R _p , %	9.1	11.4	10.7	10.1	9.9	8.9	9.0	7.3	6.0	4.7	6.0	7.1	100.0
P = 90%	544	684	644	605	594	532	540	438	357	280	361	424	6003.0

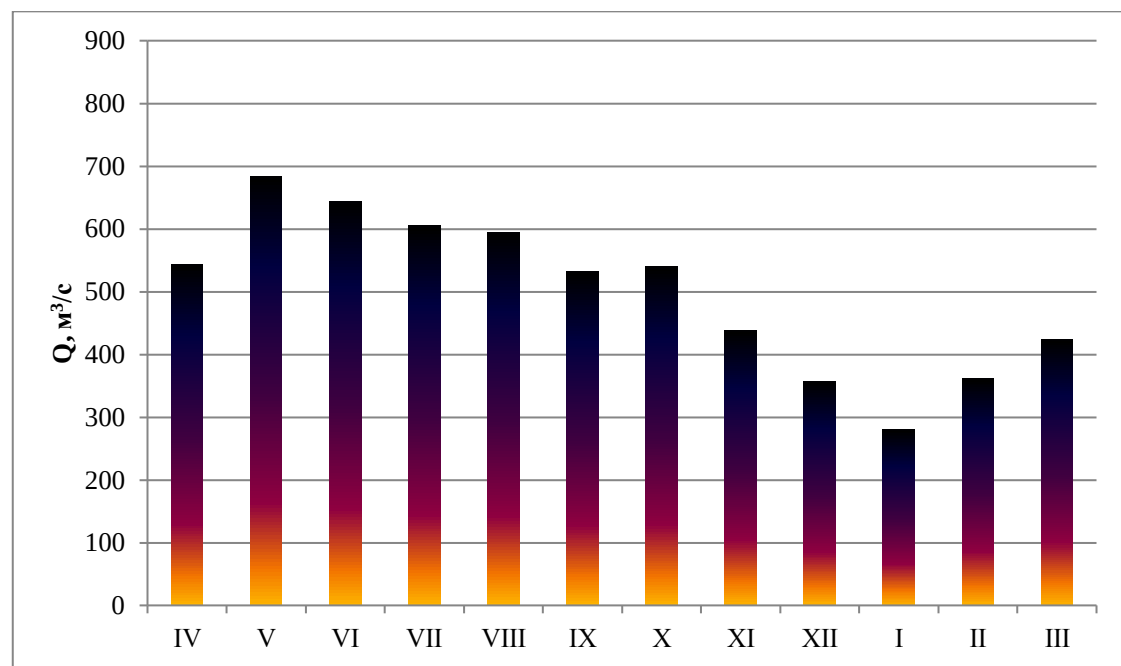


Рисунок 3.3 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90% обеспеченности, полученное методом реального года при наличии данных р. Свирь – XII ГЭС

Таблица 3.7 – Ранжированные суммы среднемесячных расходов р. Вуокса – Х ГЭС

Р%	год/месяц	Сумма Q _{вх}	год/месяц	Сумма Q _{лп}	год/месяц	Сумма Q _{лс}
80.4	2010/11	5964	1909/10	4400	1951/52	1879
81.0	1939/40	5963	2010/11	4394	1906/97	1819
81.6	1895/96	5951	1880/81	4388	1972/73	1819
82.2	1996/97	5858	1979/80	4387	1852/53	1818
82.8	1921/22	5832	1852/53	4343	1913/14	1787
83.4	2011/12	5800	1875/76	4317	1894/95	1778
84.0	1997/98	5770	1963/64	4264	1963/64	1773
84.7	1965/66	5706	1916/17	4258	1946/47	1756
85.3	1972/73	5648	1999/00	4235	1854/55	1722
85.9	1876/77	5608	1951/52	4232	1901/02	1716
86.5	1979/80	5600	1972/73	4178	2010/11	1704
87.1	1973/74	5534	1997/98	4160	1880/81	1701
87.7	1909/10	5482	1939/40	4132	1997/98	1673
88.3	1990/91	5478	1855/56	4050	1855/56	1649
89.0	1855/56	5449	1973/74	4014	1973/74	1649
89.6	1916/17	5423	1914/15	3948	1976/77	1649
90.2	1854/55	5357	1854/55	3937	1999/00	1640
90.8	1858/59	5303	1976/77	3899	1914/15	1637
91.4	1908/09	5266	1858/59	3876	1875/76	1553
92.0	1976/77	5263	2006/07	3850	1964/65	1525
92.6	1978/79	5232	1908/09	3810	1915/16	1508
93.3	1914/15	5200	1990/91	3777	1939/40	1505
93.9	2006/07	5180	1915/16	3739	1942/43	1496
94.5	1915/16	4972	1978/79	3732	1908/09	1490
95.1	1964/65	4877	1948/49	3639	1978/79	1472
95.7	1959/60	4738	1964/65	3539	1858/59	1403
96.3	1948/49	4662	1959/60	3424	1959/60	1383
96.9	1947/48	4453	1947/48	3199	1960/61	1349
97.5	1940/41	4004	1940/41	2966	1940/41	1322
98.2	1960/61	3958	1960/61	2876	1990/91	1309
98.8	1941/42	3449	1942/43	2726	1947/48	1256
99.4	1942/43	3393	1941/42	2504	1941/42	1026

Таблица 3.8 – Расчёт критерия ΔP для маловодной группы лет р. Волхов – Х ГЭС

в/х год	Обеспеченность, Р%		лп	лс	ΔP
	расчётная	в/х год			
1997/98	90	84.0	87.1	87.7	50
1973/74	90	87.1	89.0	89.0	10
1990/91	90	88.3	93.3	98.2	81
1964/65	90	95.1	95.7	92.0	63
1959/60	90	95.7	96.3	96.3	112

Таблица 3.9 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90% обеспеченности по модели реального водохозяйственного года 1973-74 р. Волхов – Х ГЭС

	Нелимитирующий период (весна)		Лимитирующий период										Сумма Q _{вх}
			Нелимитирующий сезон (лето-осень)						Лимитирующий сезон (зима)				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
год-модель	492	508	520	544	505	453	440	423	414	409	412	414	5534.0
R _p , %	8.9	9.2	9.4	9.8	9.1	8.2	8.0	7.6	7.5	7.4	7.4	7.5	100.0
P = 90%	501	517	529	554	514	461	448	431	421	416	419	421	5634.0

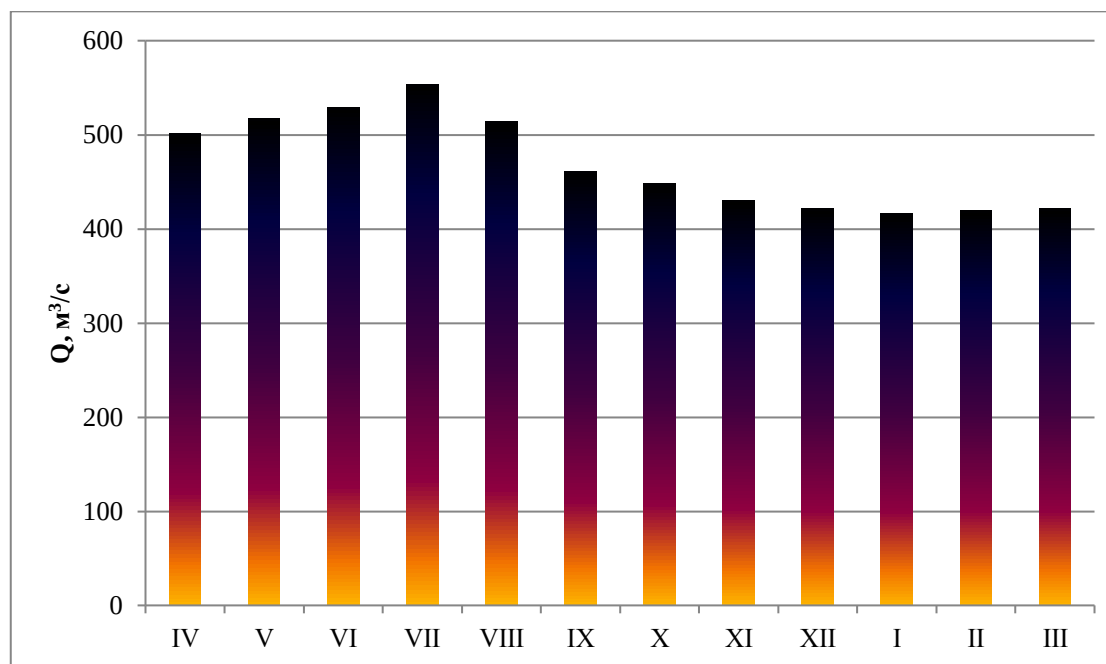


Рисунок 3.4 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90% обеспеченности, полученное методом реального года при наличии данных р. Волхов – Х ГЭС

3.2. Расчёт внутригодового распределения стока методом среднего распределения по маловодной группе

Метод основан на расчете средних относительных распределений месячных объемов стока от годовой их суммы путем осреднения относительных значений стока каждого месяца за все годы, входящие в ту или иную градацию водности. Эти распределения, отражающие реальные соотношения (доли) месячного стока в годовом его объеме, являются типовыми распределениями, свойственными каждой отдельной группе характерных по водности лет. Абсолютное расчетное распределение месячного стока, выраженное в объемах воды, вычисляется путем умножения месячных долей стока интересующей градации водности на объем стока за водохозяйственный год заданной вероятности превышения. Последний определяется по аналитической кривой обеспеченности.

Данный метод может быть использован не только для определения средних распределений стока за характерные группы лет, выбранные по принципу попадания в заданный расчетный диапазон вероятностей превышения стока отдельных водохозяйственных лет (в заданную градацию водности). При решении отдельных практических задач этот метод может быть применен для оценки среднего внутригодового распределения стока для серий (группировок) характерных по водности водохозяйственных лет, следующих друг за другом.

При практическом применении этого метода выполняются следующие этапы работ:

- необходимо выписать среднемесячные расходы воды по расчетной реке за имеющийся период наблюдений;
- обосновать и назначить границы водохозяйственного года лимитирующего периода и лимитирующего сезона;
- в качестве лимитирующего сезона принять наиболее маловодный сезон;

- составить таблицу месячных расходов воды за водохозяйственные годы с разбивкой на периоды и сезоны;
- для каждого водохозяйственного года рассчитать суммы месячных расходов за год – $\sum Q_{\Gamma}$, лимитирующий период – $\sum Q_{\text{лп}}$ и лимитирующий сезон – $\sum Q_{\text{лс}}$;
- выполнить ранжирование среднемесячных расходов воды по столбцу $\sum Q_{\Gamma}$ и рассчитать эмпирические обеспеченности;
- выделить годы маловодной группы ($P > 66,7\%$);
- по этой группе лет рассчитываются среднемесячные расходы воды и выражаются в процентах от средней суммы месячных расходов, $R\%$.

Таблица 3.10 – Ранжированные суммы среднемесячных расходов воды по водохозяйственным годам с определением маловодной группы р. Волхов – VI ГЭС

год/месяц	Сумма Q _{вх}	Р%	год/месяц	0	Р%
1953/54	11194	1.47	2000/01	6661	51.5
1990/91	10445	2.94	1952/53	6602	52.9
1987/88	10107	4.41	2008/09	6545	54.4
1957/58	9958	5.88	1985/86	6452	55.9
1991/92	9842	7.35	1960/61	6349	57.4
2004/05	9718	8.82	1983/84	6337	58.8
1962/63	9705	10.3	2001/02	6298	60.3
2009/10	8856	11.8	1977/78	6277	61.8
1994/95	8830	13.2	1945/46	6233	63.2
1998/99	8818	14.7	1961/62	6181	64.7
1978/79	8142	16.2	1959/60	6174	66.2
2011/12	8052	17.6	2005/06	6163	67.6
1989/90	8043	19.1	1980/81	6058	69.1
1986/87	8015	20.6	1993/94	6032	70.6
1995/96	7849	22.1	1954/55	5987	72.1
2006/07	7838	23.5	1984/85	5957	73.5
1966/67	7802	25.0	1976/77	5926	75.0
1982/83	7791	26.5	1949/50	5560	76.5
1955/56	7719	27.9	1970/71	5537	77.9
1956/57	7649	29.4	1969/70	5514	79.4
1981/82	7496	30.9	1948/49	5508	80.9
2013/14	7490	32.4	1967/68	5461	82.4
2010/11	7430	33.8	1979/80	5326	83.8
1997/98	7380	35.3	1947/48	5205	85.3
1958/59	7345	36.8	2007/08	5049	86.8
2012/13	7309	38.2	1951/52	4934	88.2
1950/51	7071	39.7	1965/66	4820	89.7
1996/97	7034	41.2	1975/76	4453	91.2
1968/69	7031	42.6	1971/72	4417	92.6
1988/89	7020	44.1	1963/64	4412	94.1
1946/47	7001	45.6	1964/65	3639	95.6
1999/00	6810	47.1	1973/74	3524	97.1
1974/75	6805	48.5	1972/73	3058	98.5
1992/93	6716	50.0			

Таблица 3.11 – Среднемесячные расходы маловодной группы водности р. Волхов – VI ГЭС

№ п/п	Р%	в/х год	Нелимитирующий период (весна)			Лимитирующий период									Сумма Q			Сумма в/х
						Нелимитирующий сезон (лето-осень)					Лимитирующий сезон (зима)				Весна	Л-О	Зима	
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III				
1	67.6	2005/06	1000	1160	1080	858	617	350	150	169	195	240	196	148	3240	2144	779	6163
2	69.1	1980/81	535	928	701	428	342	408	393	374	493	568	485	403	2164	1945	1949	6058
3	70.6	1993/94	1250	1340	774	455	306	319	430	343	250	208	157	200	3364	1853	815	6032
4	72.1	1954/55	685	830	634	434	323	294	438	654	467	455	407	366	2149	2143	1695	5987
5	73.5	1984/85	1046	1047	780	525	347	248	460	521	330	267	196	190	2873	2101	983	5957
6	75.0	1976/77	697	1140	994	969	581	325	163	134	241	259	218	205	2831	2172	923	5926
7	76.5	1949/50	796	967	807	741	516	397	335	234	290	242	82	153	2570	2223	767	5560
8	77.9	1970/71	885	1350	829	446	215	131	183	337	290	291	318	262	3064	1312	1161	5537
9	79.4	1969/70	596	1300	910	503	246	152	132	377	450	342	271	235	2806	1410	1298	5514
10	80.9	1948/49	961	998	608	396	260	201	282	443	450	363	287	259	2567	1582	1359	5508
11	82.4	1967/68	924	1030	770	519	244	165	195	427	397	309	235	246	2724	1550	1187	5461
12	83.8	1979/80	837	1166	810	514	410	277	189	181	269	264	221	188	2813	1571	942	5326
13	85.3	1947/48	798	1240	856	536	341	328	207	126	184	173	210	206	2894	1538	773	5205
14	86.8	2007/08	1030	804	581	365	269	202	174	208	269	232	270	645	2415	1218	1416	5049
15	88.2	1951/52	1240	1150	767	516	242	173	146	134	137	178	140	111	3157	1211	566	4934
16	89.7	1965/66	594	1272	848	618	377	218	170	187	150	89	150	147	2714	1570	536	4820
17	91.2	1975/76	1390	1130	730	369	138	98	82	73	107	155	141	40	3250	760	443	4453
18	92.6	1971/72	1150	940	535	288	203	135	108	241	287	222	164	144	2625	975	817	4417
19	94.1	1963/64	613	984	654	353	151	420	128	291	284	230	168	136	2251	1343	818	4412
20	95.6	1964/65	485	823	625	330	235	131	135	137	157	216	191	174	1933	968	738	3639
21	97.1	1973/74	642	648	470	194	77	73	108	223	238	310	281	260	1760	675	1089	3524
22	98.5	1972/73	688	661	426	219	116	64	44	97	279	167	137	160	1775	540	743	3058
сумма			18842	22908	16189	10576	6556	5109	4652	5911	6214	5780	4925	4878	57939	32804	21797	112540
%			16.7	20.4	14.4	9.40	5.83	4.54	4.13	5.25	5.52	5.14	4.38	4.33	51.5	29.1	19.4	100
среднее			856	1041	736	481	298	232	211	269	282	263	224	222	2634	1491	991	5115

Таблица 3.12 – Внутригодовое распределение стока по месяцам и сезонам методом характерной градации водности р. Волхов – VI ГЭС

	Нелимитирующий период (весна)			Лимитирующий период									Сумма Q			Сумма в/х
				Нелимитирующий сезон (лето-осень)					Лимитирующий сезон (зима)				Весна	Л-О	Зима	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III				
%	16.7	20.4	14.4	9.40	5.83	4.54	4.13	5.25	5.52	5.14	4.38	4.33	51.5	29.1	19.4	100
Q, м3/с	857	1041	736	481	298	232	211	269	282	263	224	222	2634	1491	991	5116

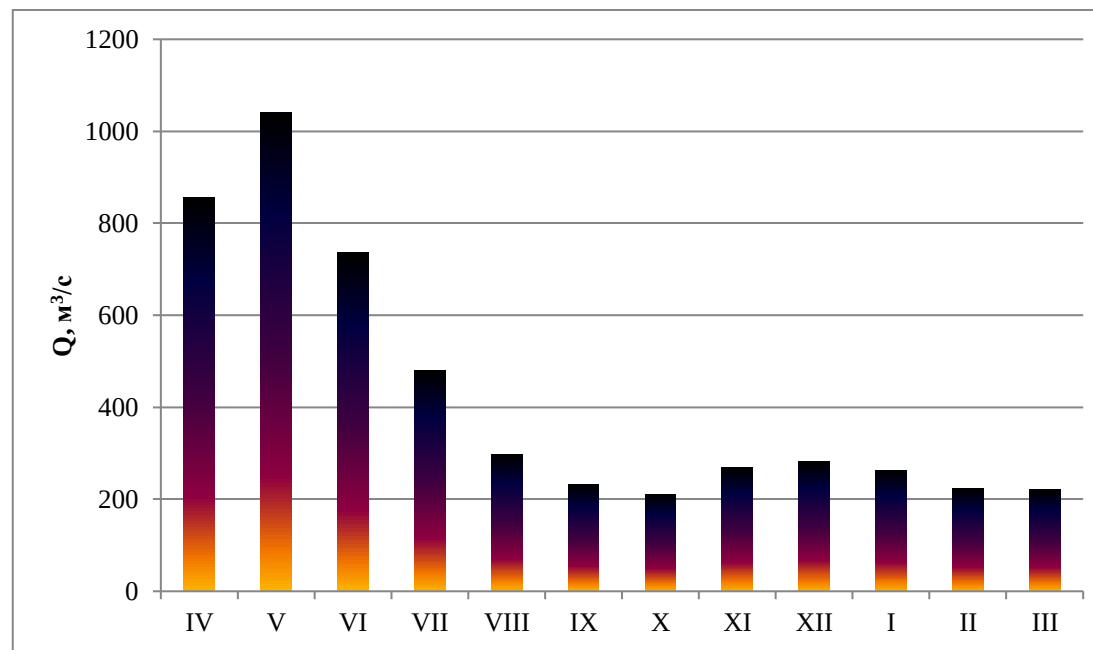


Рисунок 3.5 – Расчётное внутригодовое распределение стока для года 90%-ной обеспеченности, полученное методом среднего распределения по маловодной группе р. Волхов – VI ГЭС

Таблица 3.13 – Ранжированные суммы среднемесячных расходов воды по водохозяйственным годам с определением маловодной группы р. Свирь – XII ГЭС

год/месяц	Сумма Q _{вх}	Р%	год/месяц	Сумма Q _{вх}	Р%
1903/04	11044	0.76	1895/96	7186	50.0
1962/63	10793	1.52	1884/85	7180	50.8
1990/91	10445	2.27	1909/10	7141	51.5
2009/10	10117	3.03	1944/45	7136	52.3
1991/92	9842	3.79	1987/88	7102	53.0
1888/89	9797	4.55	1883/84	7099	53.8
2004/05	9718	5.30	1978/79	7049	54.5
1929/30	9406	6.06	1996/97	7034	55.3
1924/25	9370	6.82	1886/87	6987	56.1
1923/24	9286	7.58	1983/84	6985	56.8
1958/59	9273	8.33	1885/86	6976	57.6
1905/06	9252	9.09	2010/11	6935	58.3
1935/36	9184	9.85	1952/53	6920	59.1
1982/83	9154	10.6	1910/11	6889	59.8
1957/58	9100	11.4	1969/70	6855	60.6
2012/13	9068	12.1	1898/99	6852	61.4
1889/90	9051	12.9	1907/08	6846	62.1
1994/95	8830	13.6	1999/00	6810	62.9
1899/00	8828	14.4	2011/12	6767	63.6
1998/99	8818	15.2	1954/55	6750	64.4
1943/44	8763	15.9	1970/71	6730	65.2
1930/31	8683	16.7	1992/93	6716	65.9
1881/82	8618	17.4	1934/35	6703	66.7
1904/05	8526	18.2	1976/77	6703	67.4
1931/32	8499	18.9	2000/01	6661	68.2
1966/67	8233	19.7	1901/02	6654	68.9
1900/01	8202	20.5	1890/91	6647	69.7
1955/56	8135	21.2	1975/76	6631	70.5
1988/89	8096	22.0	1915/16	6602	71.2
1989/90	8043	22.7	1882/83	6595	72.0
1902/03	8041	23.5	1933/34	6534	72.7
1912/13	7912	24.2	1908/09	6500	73.5
1981/82	7894	25.0	2013/14	6431	74.2
1995/96	7849	25.8	1913/14	6413	75.0
2006/07	7838	26.5	1919/20	6410	75.8
1967/68	7820	27.3	1925/26	6360	76.5
1928/29	7805	28.0	2001/02	6298	77.3
1918/19	7797	28.8	1948/49	6270	78.0
2008/09	7792	29.5	1950/51	6261	78.8
1911/12	7787	30.3	1956/57	6232	79.5
1922/23	7754	31.1	1937/38	6205	80.3
1932/33	7752	31.8	2005/06	6163	81.1
1896/97	7673	32.6	1920/21	6149	81.8
1968/69	7663	33.3	1897/98	6131	82.6
1906/97	7649	34.1	1965/66	6078	83.3
1894/95	7642	34.8	1974/75	6073	84.1
1961/62	7612	35.6	1938/39	6062	84.8
1971/72	7573	36.4	1979/80	6041	85.6
1953/54	7566	37.1	1993/94	6032	86.4
1963/64	7534	37.9	1985/86	6018	87.1
1942/43	7444	38.6	1921/22	5903	87.9
1977/78	7401	39.4	1986/87	5851	88.6
1936/37	7381	40.2	1980/81	5794	89.4
1997/98	7380	40.9	1941/42	5755	90.2
1917/18	7372	41.7	1914/15	5697	90.9
1984/85	7341	42.4	1964/65	5616	91.7
1927/28	7338	43.2	1959/60	5589	92.4
1926/27	7325	43.9	1973/74	5462	93.2
1887/88	7295	44.7	1951/52	5420	93.9
1949/50	7289	45.5	1947/48	5381	94.7
1945/46	7284	46.2	1891/92	5350	95.5
1946/47	7280	47.0	2007/08	5049	96.2
1916/17	7262	47.7	1939/40	4473	97.0
1892/93	7214	48.5	1972/73	4462	97.7
1893/94	7200	49.2	1960/61	4423	98.5
			1940/41	4300	99.2

Таблица 3.14 – Среднемесячные расходы маловодной группы водности р. Свирь – XII ГЭС

№ п/п	Р%	в/х год	Нелимитирующий период (весна)			Лимитирующий период										Сумма Q			Сумма в/х
						Нелимитирующий сезон (лето-осень)					Лимитирующий сезон (зима)					Весна	Л-О	Зима	
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III					
1	66.7	1934/35	599	726	693	681	631	573	524	535	417	354	472	498	2018	2944	1741	6703	
2	67.4	1976/77	366	318	434	498	587	723	763	690	650	525	567	582	1118	3261	2324	6703	
3	68.2	2000/01	937	952	604	562	644	549	395	400	449	398	329	442	2493	2550	1618	6661	
4	68.9	1901/02	805	700	671	648	605	561	543	428	291	432	470	493	2176	2785	1686	6654	
5	69.7	1890/91	614	827	769	760	685	605	515	345	332	396	397	409	2210	2910	1534	6647	
6	70.5	1975/76	602	765	648	670	772	512	501	439	414	436	411	461	2015	2894	1722	6631	
7	71.2	1915/16	552	660	655	653	612	636	614	466	355	446	472	481	1867	2981	1754	6602	
8	72.0	1882/83	684	808	810	773	710	646	573	313	226	296	353	403	2302	3015	1278	6595	
9	72.7	1933/34	622	682	635	633	638	623	616	449	286	429	439	482	1939	2959	1636	6534	
10	73.5	1908/09	498	634	671	655	592	639	611	411	321	458	491	519	1803	2908	1789	6500	
11	74.2	2013/14	612	644	581	403	392	473	336	551	515	561	678	685	1837	2155	2439	6431	
12	75.0	1913/14	678	711	689	673	629	582	517	483	402	240	387	422	2078	2884	1451	6413	
13	75.8	1919/20	645	731	715	657	605	554	545	316	341	415	431	455	2091	2677	1642	6410	
14	76.5	1925/26	658	733	704	681	623	595	601	499	184	281	362	439	2095	2999	1266	6360	
15	77.3	2001/02	1260	1100	724	492	256	136	152	329	275	232	476	866	3084	1365	1849	6298	
16	78.0	1948/49	577	585	547	527	491	494	546	606	409	391	519	578	1709	2664	1897	6270	
17	78.8	1950/51	655	672	704	652	594	535	523	496	456	234	343	397	2031	2800	1430	6261	
18	79.5	1956/57	571	545	512	351	380	477	530	581	582	557	592	554	1628	2319	2285	6232	
19	80.3	1937/38	600	627	622	598	576	541	601	472	347	397	409	415	1849	2788	1568	6205	
20	81.1	2005/06	1000	1160	1080	858	617	350	150	169	195	240	196	148	3240	2144	779	6163	
21	81.8	1920/21	689	711	710	661	601	535	476	452	256	290	363	405	2110	2725	1314	6149	
22	82.6	1897/98	606	694	626	592	532	508	510	452	311	397	440	463	1926	2594	1611	6131	
23	83.3	1965/66	292	372	428	481	592	601	669	599	522	535	516	471	1092	2942	2044	6078	
24	84.1	1974/75	400	434	529	444	488	526	523	492	514	584	602	537	1363	2473	2237	6073	
25	84.8	1938/39	531	650	629	651	589	531	488	457	378	355	401	402	1810	2716	1536	6062	
26	85.6	1979/80	465	393	508	512	524	522	480	474	473	514	546	630	1366	2512	2163	6041	
27	86.4	1993/94	1250	1340	774	455	306	319	430	343	250	208	157	200	3364	1853	815	6032	
28	87.1	1985/86	535	442	519	567	605	500	548	529	459	437	447	430	1496	2749	1773	6018	
29	87.9	1921/22	579	554	572	554	539	519	495	367	360	431	459	474	1705	2474	1724	5903	
30	88.6	1986/87	392	394	475	488	488	453	522	435	473	542	628	561	1261	2386	2204	5851	
31	89.4	1980/81	570	480	492	552	532	538	519	467	409	412	378	445	1542	2608	1644	5794	
32	90.2	1941/42	356	509	563	499	550	580	570	487	365	380	416	480	1428	2686	1641	5755	
33	90.9	1914/15	516	649	611	574	564	505	512	416	339	266	343	402	1776	2571	1350	5697	
34	91.7	1964/65	397	430	307	473	672	617	545	540	427	427	435	346	1134	2847	1635	5616	
35	92.4	1959/60	491	515	420	380	415	410	515	590	490	448	495	420	1426	2310	1853	5589	

№ п/п	Р%	в/х год	Нелимитирующий период (весна)			Лимитирующий период										Сумма Q			Сумма в/х
						Нелимитирующий сезон (лето-осень)					Лимитирующий сезон (зима)					Весна	Л-О	Зима	
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III					
36	93.2	1973/74	321	451	532	500	460	474	497	462	470	425	420	450	1304	2393	1765	5462	
37	93.9	1951/52	629	596	611	582	540	494	450	394	271	246	272	335	1836	2460	1124	5420	
38	94.7	1947/48	475	588	575	569	534	500	465	278	290	322	371	383	1638	2346	1366	5381	
39	95.5	1891/92	522	617	560	526	506	445	437	426	298	299	362	383	1699	2340	1342	5350	
40	96.2	2007/08	1030	804	581	365	269	202	174	208	269	232	270	645	2415	1218	1416	5049	
41	97.0	1939/40	434	531	484	466	422	386	368	356	238	229	259	300	1449	1998	1026	4473	
42	97.7	1972/73	426	401	471	513	453	442	390	318	184	292	261	311	1298	2116	1048	4462	
43	98.5	1960/61	321	436	365	373	377	393	401	409	304	276	310	335	1122	1953	1225	4423	
44	99.2	1940/41	397	346	346	345	338	408	447	449	341	400	335	271	1089	1987	1347	4300	
сумма			26159	27917	26156	24547	23535	22212	21587	19378	16138	16665	18280	19808	80232	111259	70891	262382	
%			10.0	10.6	10.0	9.4	9.0	8.5	8.2	7.4	6.2	6.4	7.0	7.5	30.6	42.4	27.0	100	
среднее			595	634	594	558	535	505	491	440	367	379	415	450	2074	2696	1664	5963	

Таблица 3.15 – Внутригодовое распределение стока по месяцам и сезонам методом характерной градации водности р. Свирь – XII ГЭС

	Нелимитирующий период (весна)			Лимитирующий период									Сумма Q			Сумма в/х
				Нелимитирующий сезон (лето-осень)					Лимитирующий сезон (зима)				Весна	Л-О	Зима	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III				
%	10.0	10.6	10.0	9.36	8.97	8.47	8.23	7.39	6.15	6.35	6.97	7.55	30.6	42.4	27.0	100
Q, м3/с	598	639	598	562	538	508	494	443	369	381	418	453	1836	2545	1622	6003

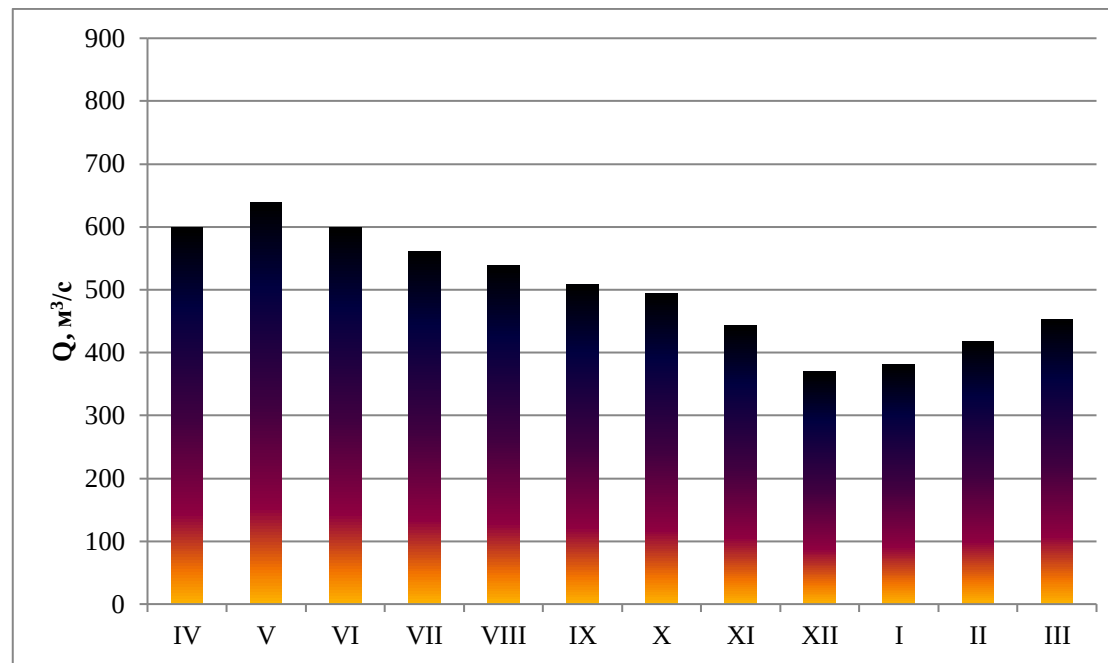


Рисунок 3.6 – Расчётное внутригодовое распределение стока для года 90%-ной обеспеченности, полученное методом среднего распределения по маловодной группе р. Свирь – XII ГЭС

Таблица 3.16 – Ранжированные суммы среднемесячных расходов воды по водохозяйственным годам с определением маловодной группы р. Вуокса – Х ГЭС

год/месяц	Сумма Q _{вх}	Р%	год/месяц	Сумма Q _{вх}	Р%
1924/25	10797	0.61	1853/64	6941	50.3
1899/00	10599	1.23	1913/14	6939	50.9
1903/04	9658	1.84	1891/92	6937	51.5
1878/79	9597	2.45	2009/10	6901	52.1
2012/13	9492	3.07	1902/03	6895	52.8
1962/63	9491	3.68	1857/58	6878	53.4
1935/36	9402	4.29	1917/18	6830	54.0
1900/01	9352	4.91	1901/02	6812	54.6
1879/80	9203	5.52	1971/72	6808	55.2
1929/30	9168	6.13	1871/72	6798	55.8
1981/82	9165	6.75	1886/87	6770	56.4
1905/06	9137	7.36	1893/94	6766	57.1
1974/75	8984	7.98	1989/90	6735	57.7
1955/56	8868	8.59	1949/50	6710	58.3
1923/24	8766	9.20	1933/34	6694	58.9
1988/89	8748	9.82	1883/84	6691	59.5
1872/73	8705	10.4	1953/54	6658	60.1
1898/99	8702	11.0	1885/86	6655	60.7
1904/05	8660	11.7	1862/63	6628	61.3
1873/74	8597	12.3	1850/51	6612	62.0
1936/37	8559	12.9	1954/55	6610	62.6
2008/09	8536	13.5	1887/88	6601	63.2
1864/65	8492	14.1	1991/92	6565	63.8
1912/13	8458	14.7	1910/11	6555	64.4
2004/05	8204	15.3	2000/01	6524	65.0
1987/88	8159	16.0	1919/20	6517	65.6
2001/02	8108	16.6	1896/97	6492	66.3
1922/23	8070	17.2	1856/57	6484	66.9
1874/75	8028	17.8	1926/27	6483	67.5
1870/71	7981	18.4	1961/62	6381	68.1
1932/33	7979	19.0	1986/87	6323	68.7
1928/29	7968	19.6	1937/38	6290	69.3
1944/45	7923	20.2	1952/53	6285	69.9
1983/84	7918	20.9	1881/82	6267	70.6
1930/31	7853	21.5	1894/95	6242	71.2
1863/64	7833	22.1	1985/86	6234	71.8
1938/39	7805	22.7	1970/71	6199	72.4
1943/44	7763	23.3	1969/70	6176	73.0
1927/28	7756	23.9	1897/98	6162	73.6
2013/14	7725	24.5	1946/47	6108	74.2
1992/93	7711	25.2	1956/57	6095	74.8
1860/61	7684	25.8	1875/76	6087	75.5
1967/68	7609	26.4	1880/81	6083	76.1
1968/69	7590	27.0	1980/81	6042	76.7
1931/32	7566	27.6	1999/00	6040	77.3
1958/59	7565	28.2	1852/53	6012	77.9
1865/66	7549	28.8	1963/64	5984	78.5
1945/46	7545	29.4	1977/78	5977	79.1
1892/93	7539	30.1	1951/52	5964	79.8
2007/08	7507	30.7	2010/11	5964	80.4
1918/19	7505	31.3	1939/40	5963	81.0
1867/68	7493	31.9	1895/96	5951	81.6
1920/21	7482	32.5	1996/97	5858	82.2
1975/76	7478	33.1	1921/22	5832	82.8
1868/69	7477	33.7	2011/12	5800	83.4
1982/83	7456	34.4	1997/98	5770	84.0
1925/26	7446	35.0	1965/66	5706	84.7
1966/67	7441	35.6	1972/73	5648	85.3
1888/89	7377	36.2	1876/77	5608	85.9

год/месяц	Сумма Q _{вх}	P%	год/месяц	Сумма Q _{вх}	P%
1851/52	7335	36.8	1979/80	5600	86.5
1877/78	7334	37.4	1973/74	5534	87.1
1869/70	7327	38.0	1909/10	5482	87.7
1957/58	7300	38.7	1990/91	5478	88.3
1861/62	7299	39.3	1855/56	5449	89.0
1934/35	7280	39.9	1916/17	5423	89.6
1998/99	7273	40.5	1854/55	5357	90.2
1889/90	7209	41.1	1858/59	5303	90.8
1890/91	7179	41.7	1908/09	5266	91.4
1984/85	7175	42.3	1976/77	5263	92.0
1994/95	7151	42.9	1978/79	5232	92.6
1882/83	7111	43.6	1914/15	5200	93.3
1906/97	7107	44.2	2006/07	5180	93.9
1866/67	7093	44.8	1915/16	4972	94.5
1859/60	7088	45.4	1964/65	4877	95.1
1993/94	7086	46.0	1959/60	4738	95.7
1907/08	7079	46.6	1948/49	4662	96.3
2005/06	7066	47.2	1947/48	4453	96.9
1884/85	7058	47.9	1940/41	4004	97.5
1950/51	7002	48.5	1960/61	3958	98.2
1911/12	6974	49.1	1941/42	3449	98.8
1995/96	6952	49.7	1942/43	3393	99.4

Таблица 3.17 – Среднемесячные расходы маловодной группы водности р. Вуокса – Х ГЭС

№ п/п	Р%	в/х год	Нелимитирующий период (весна)			Лимитирующий период										Сумма Q			Сумма в/х
						Нелимитирующий сезон (лето-осень)					Лимитирующий сезон (зима)					Весна	Л-О	Зима	
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III					
1	66.9	1856/57	382	392	442	511	575	595	606	609	615	606	584	567	1216	2896	2372	6484	
2	67.5	1926/27	464	517	595	630	615	589	563	531	520	500	485	474	1576	2928	1979	6483	
3	68.1	1961/62	355	414	450	515	537	601	602	563	564	593	597	590	1219	2818	2344	6381	
4	68.7	1986/87	520	518	546	570	513	504	494	459	470	583	578	568	1584	2540	2199	6323	
5	69.3	1937/38	548	578	595	595	563	520	500	485	488	479	473	466	1721	2663	1906	6290	
6	69.9	1952/53	380	336	264	208	341	579	704	690	679	691	703	710	980	2522	2783	6285	
7	70.6	1881/82	377	416	508	578	645	684	665	24	636	592	572	570	1301	2596	2370	6267	
8	71.2	1894/95	518	558	615	598	556	553	592	474	460	451	440	427	1691	2773	1778	6242	
9	71.8	1985/86	494	499	524	550	538	519	483	522	514	536	540	515	1517	2612	2105	6234	
10	72.4	1970/71	489	531	572	571	583	520	475	479	485	490	517	487	1592	2628	1979	6199	
11	73.0	1969/70	603	550	591	558	558	503	472	447	466	492	467	469	1744	2538	1894	6176	
12	73.6	1897/98	481	532	561	572	561	556	521	484	473	478	470	473	1574	2694	1894	6162	
13	74.2	1946/47	498	544	574	606	586	548	514	482	462	450	429	415	1616	2736	1756	6108	
14	74.8	1956/57	688	490	416	337	332	340	446	589	583	584	633	657	1594	2044	2457	6095	
15	75.5	1875/76	570	575	625	609	592	558	518	487	440	402	377	334	1770	2764	1553	6087	
16	76.1	1880/81	553	567	575	584	575	550	505	473	437	440	424	400	1695	2687	1701	6083	
17	76.7	1980/81	410	505	487	492	478	480	465	452	487	503	619	664	1402	2367	2273	6042	
18	77.3	1999/00	605	620	580	633	596	506	438	422	337	398	450	455	1805	2595	1640	6040	
19	77.9	1852/53	550	544	575	572	541	500	460	452	437	452	462	467	1669	2525	1818	6012	
20	78.5	1963/64	739	485	496	494	495	535	485	482	466	450	429	428	1720	2491	1773	5984	
21	79.1	1977/78	602	628	502	478	484	443	472	476	499	516	446	418	1732	2353	1879	5977	
22	79.8	1951/52	412	436	506	512	502	478	461	503	543	553	540	531	1354	2456	2167	5964	
23	80.4	2010/11	520	514	536	586	576	574	493	461	448	422	417	417	1570	2690	1704	5964	
24	81.0	1939/40	601	618	612	601	575	530	482	439	425	384	353	343	1831	2627	1505	5963	
25	81.6	1895/96	408	435	457	495	495	498	498	516	535	541	541	532	1300	2502	2149	5951	
26	82.2	1996/97	451	476	460	494	546	526	463	427	480	531	506	498	1387	2456	2015	5858	
27	82.8	1921/22	500	34	551	572	557	523	505	514	520	534	520	502	1085	2671	2076	5832	
28	83.4	2011/12	415	479	478	424	394	434	436	471	581	527	596	565	1372	2159	2269	5800	
29	84.0	1997/98	534	543	533	547	545	538	446	411	413	410	413	437	1610	2487	1673	5770	
30	84.7	1965/66	398	428	446	458	470	476	481	497	536	514	505	497	1272	2382	2052	5706	
31	85.3	1972/73	475	503	492	522	486	475	438	438	428	447	471	473	1470	2359	1819	5648	
32	85.9	1876/77	338	370	421	475	516	527	527	508	505	489	475	457	1129	2553	1926	5608	
33	86.5	1979/80	385	402	426	443	480	465	442	433	478	518	559	569	1213	2263	2124	5600	
34	87.1	1973/74	492	508	520	544	505	453	440	423	414	409	412	414	1520	2365	1649	5534	
35	87.7	1909/10	331	349	402	440	477	485	471	488	497	514	517	511	1082	2361	2039	5482	

№ п/п	Р%	в/х год	Нелимитирующий период (весна)			Лимитирующий период										Сумма Q			Сумма в/х
						Нелимитирующий сезон (лето-осень)					Лимитирующий сезон (зима)					Весна	Л-О	Зима	
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III					
36	88.3	1990/91	530	581	590	599	551	485	445	388	332	333	324	320	1701	2468	1309	5478	
37	89.0	1855/56	424	462	513	527	508	475	454	437	424	413	410	402	1399	2401	1649	5449	
38	89.6	1916/17	336	391	438	477	480	468	449	457	471	491	488	477	1165	2331	1927	5423	
39	90.2	1854/55	475	467	478	470	470	440	416	419	421	435	437	429	1420	2215	1722	5357	
40	90.8	1858/59	442	464	521	547	541	500	464	421	384	362	336	321	1427	2473	1403	5303	
41	91.4	1908/09	480	491	485	497	488	468	449	418	402	380	362	346	1456	2320	1490	5266	
42	92.0	1976/77	458	449	457	462	472	473	437	406	413	407	408	421	1364	2250	1649	5263	
43	92.6	1978/79	509	514	477	437	442	399	381	601	360	360	372	380	1500	2260	1472	5232	
44	93.3	1914/15	391	412	449	471	488	468	452	432	418	418	410	391	1252	2311	1637	5200	
45	93.9	2006/07	408	441	481	388	341	326	283	295	423	556	648	590	1330	1633	2217	5180	
46	94.5	1915/16	383	407	443	468	465	457	429	412	401	383	370	354	1233	2231	1508	4972	
47	95.1	1964/65	425	451	462	452	424	417	372	349	353	378	398	396	1338	2014	1525	4877	
48	95.7	1959/60	452	502	360	276	400	493	470	402	358	329	338	358	1314	2041	1383	4738	
49	96.3	1948/49	322	340	361	368	344	337	327	347	377	470	529	540	1023	1723	1916	4662	
50	96.9	1947/48	405	419	430	438	426	390	355	334	332	309	309	306	1254	1943	1256	4453	
51	97.5	1940/41	344	341	353	341	335	319	325	324	340	332	325	325	1038	1644	1322	4004	
52	98.2	1960/61	348	370	364	397	87	364	352	327	330	324	337	358	1082	1527	1349	3958	
53	98.8	1941/42	314	312	319	320	310	296	280	272	273	261	251	241	945	1478	1026	3449	
54	99.4	1942/43	232	215	220	222	235	246	263	264	306	377	405	408	667	1230	1496	3393	
сумма			24764	24923	26134	26531	26195	25986	24966	23916	24439	24797	24977	24663	75821	127594	98876	302291	
%			8.2	8.2	8.6	8.8	8.7	8.6	8.3	7.9	8.1	8.2	8.3	8.2	25.1	42.2	32.7	100	
среднее			459	462	484	491	485	481	462	443	453	459	463	457	1404	2363	1831	5598	

Таблица 3.18 – Внутригодовое распределение стока по месяцам и сезонам методом характерной градации водности р. Вуокса – Х ГЭС

	Нелимитирующий период (весна)			Лимитирующий период									Сумма Q			Сумма в/х
				Нелимитирующий сезон (лето-осень)					Лимитирующий сезон (зима)				Весна	Л-О	Зима	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III				
%	8.2	8.2	8.6	8.78	8.67	8.60	8.26	7.91	8.08	8.20	8.26	8.16	30.6	42.4	27.0	100
Q, м3/с	462	465	487	494	488	484	465	446	455	462	466	460	1723	2389	1522	5634

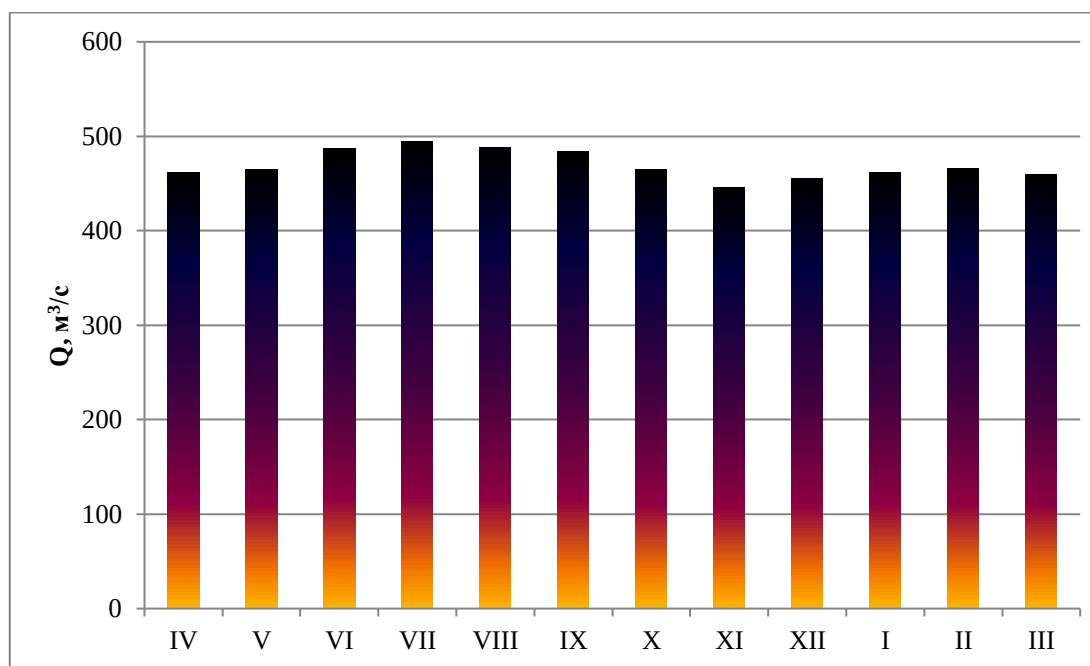


Рисунок 3.7 – Расчётное внутригодовое распределение стока для года 90%-ной обеспеченности, полученное методом среднего распределения по маловодной группе р. Вуокса – Х ГЭС

По расчетному гидрографу (р. Волхов) видно, что рост расходов воды выпадает на четвертый-пятый (апрель-май) месяцы. В мае месяце наблюдается максимальный расход воды. Этот период приходится на период хорошо выраженного весеннего половодья. Далее следует планомерное понижение до декабря. С декабря по февраль наблюдается незначительный рост расходов, в связи с осенними паводками.

Типовой гидрограф 90% обеспеченности реки Свирь характеризуется растянутым во времени половодьем и сглаженными паводками. Максимальные расходы воды приходится на летний период (июнь-июль), минимальные расходы воды наблюдаются в декабре-январе.

Годовой ход стока реки Вуокса существенно изменен под влиянием озера Сайма и практически сглажен: половодье сравнительно невысокое и растянутое, межень высокая и трудно выделяемая, дождевые паводки полностью сглажены. Слабо выраженный годовой ход стока этой реки проявляется на фоне преобладающего долгопериодного колебания уровня наполнения озера.

3.3. Анализ ритмики годовой цикличности речного притока применением метода ПКСП

В настоящей работе рассматривается речной приток в Ладожское озеро, а значит, однозначно должны быть рассмотрены совместные корреляции рек-притоков с озером. Для наглядного представления коррелированности данного процесса будет использоваться метод периодически коррелированных случайных процессов для анализа ритмики годовой цикличности.

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.

Случайный процесс $\xi(t)$, $t \in (-\infty, \infty)$, называют периодически коррелированным, если существует такое фиксированное положительное число T , при сдвиге на которое характеристики процесса остаются инвариантными (неизменными). Он будет периодически нестационарным в узком смысле, если инварианты конечномерные распределения и периодически нестационарным в широком смысле, если инвариантны математическое ожидание $m_\xi(t)$, дисперсия $D_\xi(t)$ и корреляционная функция $K_\xi(t, \tau)$.

При $\tau = 0$ функция равна дисперсии процесса. Функции $m_\xi(t)$, $D_\xi(t)$ и $K_\xi(t, \tau)$ являются периодическими по аргументу t с периодом T , который называется периодом коррелированности. Естественным периодом коррелированности гидрометеорологических процессов служим период, равный одному году. Характеристики ПКСП описывают так называемую повторяемость «в среднем» свойств гидрометеорологических процессов. Математическое ожидание характеризует регулярную компоненту изменений и повторяет найти средний многолетний образ сезонного или месячного хода; дисперсия – отклонение процесса $\xi(t)$ от средней многолетней нормы. Совместный график этих параметров дает возможность установить тип межгодовой изменчивости процессов. В случае когерентности этих графиков, изменчивость происходит в виде амплитудной модуляции (ослабления или усиления интенсивности), в случае некогерентности – в виде наложения долгопериодного колебания или частотно-фазовой модуляции. Вид функции $K_\xi(t, \tau)$ определяет закономерности корреляционных зависимостей межгодовых или внутригодовых изменений процесса в заданные моменты времени.

Таблица 3.19 – Матрица корреляционных зависимостей внутригодовой изменчивости расходов воды р. Волхов – VI ГЭС $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-12	0.04	0.33	0.45	0.27	0.26	0.18	0.16	-0.02	0.22	0.13	0.07	0.00
-11	0.21	0.41	0.28	0.05	0.22	0.26	0.11	0.15	0.27	0.06	0.05	0.07
-10	0.25	0.25	-0.05	0.07	0.30	0.20	0.23	0.28	0.16	0.03	0.07	0.18
-9	0.17	-0.05	0.00	0.20	0.25	0.26	0.36	0.21	0.08	0.06	0.21	0.21
-8	-0.03	0.06	0.08	0.23	0.24	0.36	0.30	0.10	0.14	0.23	0.25	0.20
-7	0.12	0.22	0.10	0.24	0.28	0.35	0.17	0.16	0.22	0.26	0.23	0.16
-6	0.28	0.26	0.15	0.27	0.26	0.20	0.20	0.13	0.20	0.20	0.19	0.24
-5	0.33	0.35	0.15	0.29	0.14	0.19	0.13	0.01	0.15	0.22	0.21	0.36
-4	0.43	0.37	0.19	0.24	0.12	0.10	-0.05	0.17	0.25	0.28	0.35	0.41
-3	0.51	0.46	0.25	0.44	0.12	-0.10	0.36	0.45	0.38	0.48	0.42	0.59
-2	0.62	0.53	0.50	0.63	-0.03	0.43	0.73	0.63	0.64	0.65	0.62	0.74
-1	0.74	0.83	0.84	0.59	0.56	0.90	0.89	0.88	0.85	0.87	0.83	0.88
1	0.83	0.84	0.59	0.56	0.90	0.89	0.88	0.85	0.87	0.83	0.88	0.74
2	0.50	0.63	-0.03	0.43	0.73	0.63	0.64	0.65	0.62	0.74	0.62	0.53
3	0.44	0.12	-0.10	0.36	0.45	0.38	0.48	0.42	0.59	0.51	0.46	0.25
4	0.12	0.10	-0.05	0.17	0.25	0.28	0.35	0.41	0.43	0.37	0.19	0.24
5	0.19	0.13	0.01	0.15	0.22	0.21	0.36	0.33	0.35	0.15	0.29	0.14
6	0.20	0.13	0.20	0.20	0.19	0.24	0.28	0.26	0.15	0.27	0.26	0.20
7	0.16	0.22	0.26	0.23	0.16	0.12	0.22	0.10	0.24	0.28	0.35	0.17
8	0.14	0.23	0.25	0.20	-0.03	0.06	0.08	0.23	0.24	0.36	0.30	0.10
9	0.06	0.21	0.21	0.17	-0.05	0.00	0.20	0.25	0.26	0.36	0.21	0.08
10	0.07	0.18	0.25	0.25	-0.05	0.07	0.30	0.20	0.23	0.28	0.16	0.03
11	0.07	0.21	0.41	0.28	0.05	0.22	0.26	0.11	0.15	0.27	0.06	0.05
12	0.04	0.33	0.45	0.27	0.26	0.18	0.16	-0.02	0.22	0.13	0.07	0.00

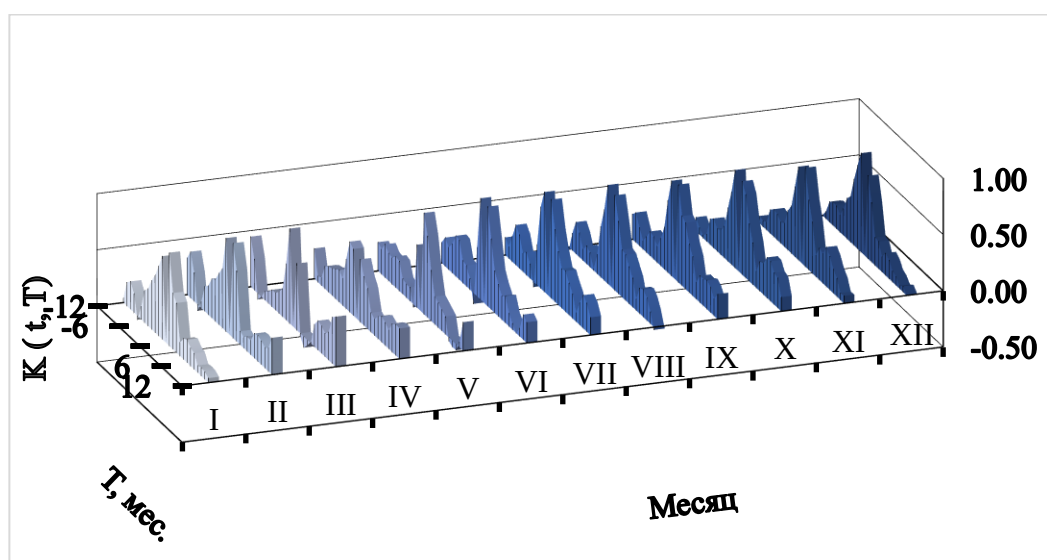


Рисунок 3.8 – Графики оценок $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

Таблица 3.20 – Матрица корреляционных зависимостей межгодовой изменчивости расходов воды р. Волхов – VI ГЭС $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	0.04	0.33	0.45	0.27	0.26	0.18	0.16	-0.02	0.22	0.13	0.07	0.00
24	0.17	0.33	0.24	0.15	-0.02	-0.11	-0.11	0.03	0.10	0.02	-0.22	0.06
36	0.09	0.13	0.06	0.02	-0.12	-0.14	-0.08	-0.02	0.19	0.41	0.17	0.09

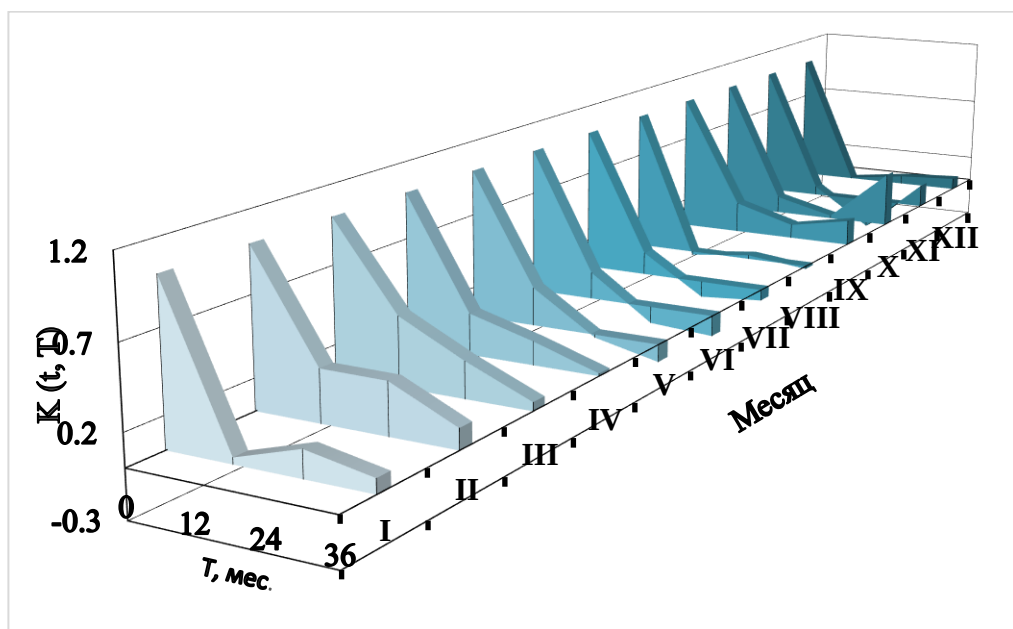


Рисунок 3.8 – Графики оценок $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

Таблица 3.21 – Значения математического ожидания и дисперсии

mx	397	370	420	1025	1164	840	570	404	334	327	397	380
D	34482	33095	85550	109050	112027	67836	46095	44715	45931	58521	57466	36720

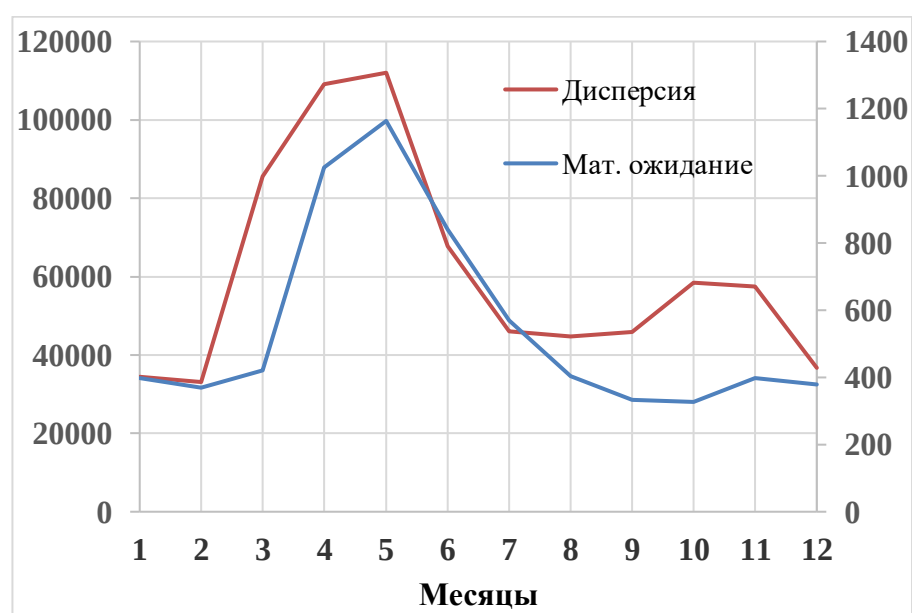


Рисунок 3.9 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии

Таблица 3.22 – Матрица корреляционных зависимостей внутригодовой изменчивости
расходов воды р. Свирь – XII ГЭС $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-12	-0.05	0.07	0.22	0.73	0.67	0.25	0.00	0.05	0.23	0.14	0.19	0.07
-11	0.06	0.18	0.14	0.63	0.37	0.14	0.01	0.30	0.27	0.15	0.12	0.23
-10	0.12	-0.08	0.01	0.29	0.09	0.00	0.24	0.35	0.27	0.09	0.21	0.33
-9	-0.08	-0.20	-0.03	-0.04	-0.15	0.11	0.30	0.34	0.19	0.19	0.38	0.25
-8	-0.19	-0.08	-0.09	-0.28	-0.14	0.13	0.30	0.29	0.29	0.34	0.32	-0.19
-7	-0.03	0.05	-0.09	-0.26	-0.13	0.16	0.25	0.44	0.33	0.25	-0.20	-0.25
-6	0.15	0.13	0.07	-0.21	-0.10	0.10	0.44	0.37	0.14	-0.26	-0.27	0.01
-5	0.23	0.35	0.15	-0.14	-0.14	0.33	0.32	0.06	-0.29	-0.28	-0.06	0.28
-4	0.42	0.39	0.31	-0.15	0.06	0.27	0.06	-0.17	-0.25	-0.07	0.28	0.46
-3	0.46	0.54	0.33	0.04	0.09	0.18	0.20	-0.03	0.07	0.32	0.55	0.72
-2	0.55	0.59	0.44	0.16	0.28	0.63	0.36	0.33	0.55	0.64	0.85	0.83
-1	0.66	0.83	0.79	0.48	0.92	0.79	0.76	0.81	0.85	0.90	0.95	0.90
1	0.83	0.79	0.48	0.92	0.79	0.76	0.81	0.85	0.90	0.95	0.90	0.66
2	0.44	0.16	0.28	0.63	0.36	0.33	0.55	0.64	0.85	0.83	0.55	0.59
3	0.04	0.09	0.18	0.20	-0.03	0.07	0.32	0.55	0.72	0.46	0.54	0.33
4	0.06	0.27	0.06	-0.17	-0.25	-0.07	0.28	0.46	0.42	0.39	0.31	-0.15
5	0.33	0.32	0.06	-0.29	-0.28	-0.06	0.28	0.23	0.35	0.15	-0.14	-0.14
6	0.44	0.37	0.14	-0.26	-0.27	0.01	0.15	0.13	0.07	-0.21	-0.10	0.10
7	0.44	0.33	0.25	-0.20	-0.25	-0.03	0.05	-0.09	-0.26	-0.13	0.16	0.25
8	0.29	0.34	0.32	-0.19	-0.19	-0.08	-0.09	-0.28	-0.14	0.13	0.30	0.29
9	0.19	0.38	0.25	-0.08	-0.20	-0.03	-0.04	-0.15	0.11	0.30	0.34	0.19
10	0.21	0.33	0.12	-0.08	0.01	0.29	0.09	0.00	0.24	0.35	0.27	0.09
11	0.23	0.06	0.18	0.14	0.63	0.37	0.14	0.01	0.30	0.27	0.15	0.12
12	-0.05	0.07	0.22	0.73	0.67	0.25	0.00	0.05	0.23	0.14	0.19	0.07

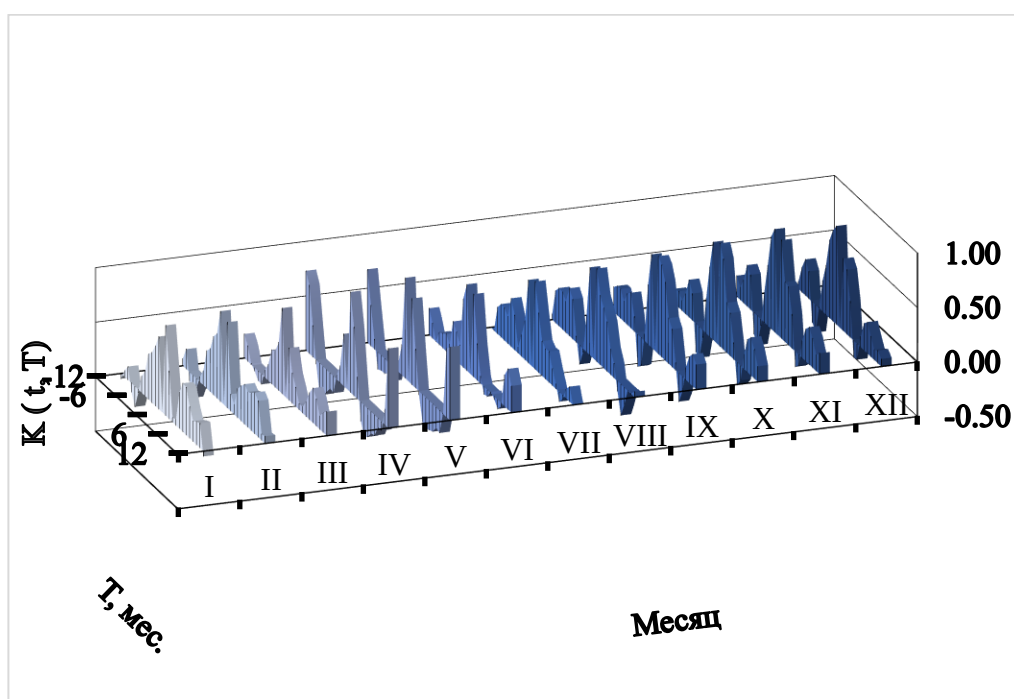


Рисунок 3.10 – Графики оценок $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

Таблица 3.23 – Матрица корреляционных зависимостей межгодовой изменчивости расходов воды р. Свирь – XII ГЭС $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	-0.05	0.07	0.22	0.73	0.67	0.25	0.00	0.05	0.23	0.14	0.19	0.07
24	0.03	0.14	0.04	0.65	0.63	0.09	-0.15	0.03	0.12	0.21	0.16	0.21
36	0.02	-0.07	-0.15	0.55	0.58	0.11	-0.11	0.05	0.18	0.29	0.13	0.07

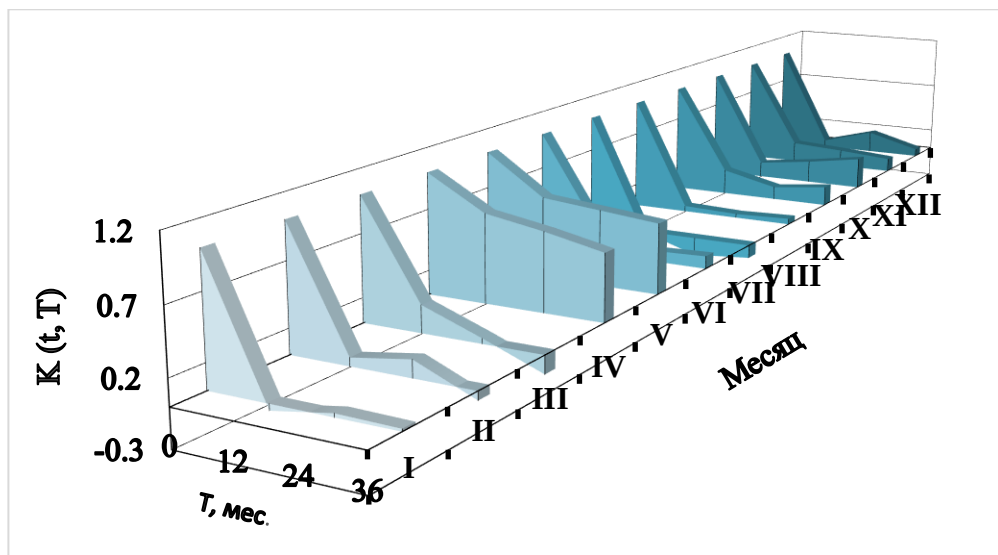


Рисунок 3.11 – Графики оценок $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

Таблица 3.24 – Значения математического ожидания и дисперсии

mx	503	534	597	770	763	708	624	551	527	515	529	487
D	27465	31820	59737	154450	141608	60896	42552	45117	50436	57989	56016	33676

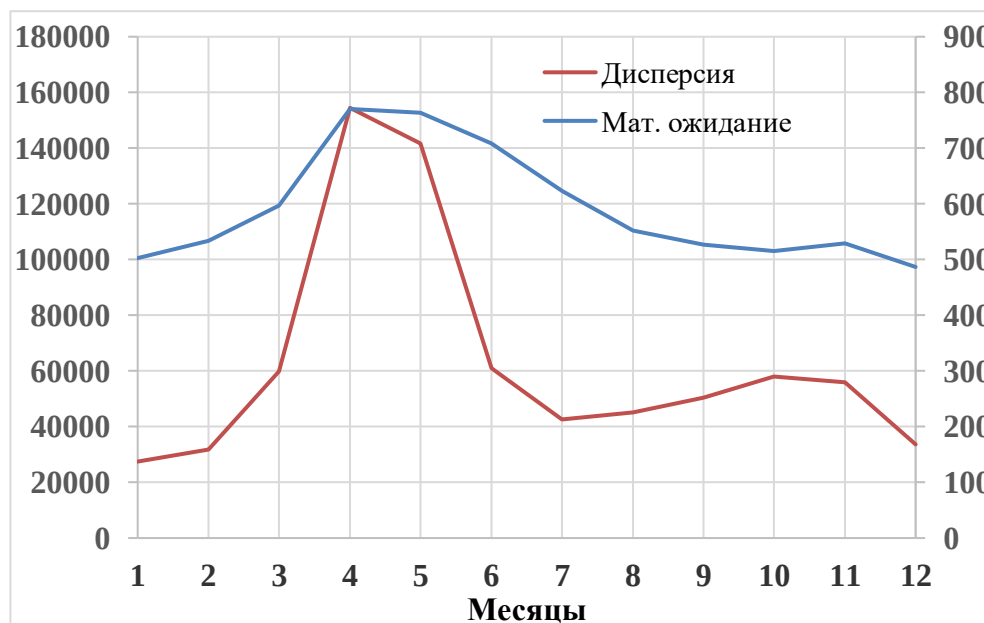


Рисунок 3.12 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии

Таблица 3.25 – Матрица корреляционных зависимостей внутригодовой изменчивости расходов воды р. Вуокса – Х ГЭС $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-12	-0.12	-0.16	-0.11	-0.10	-0.06	-0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	-0.01	-0.05
-11	-0.09	-0.12	-0.11	-0.01	-0.03	0.09	0.08	0.12	0.04	-0.02	0.02	0.24
-10	-0.06	-0.09	-0.04	0.00	0.10	0.14	0.19	0.14	0.03	0.01	0.28	0.29
-9	-0.03	-0.04	-0.05	0.14	0.15	0.24	0.22	0.14	0.06	0.33	0.32	0.31
-8	0.02	-0.07	0.11	0.20	0.26	0.29	0.21	0.17	0.43	0.37	0.33	0.32
-7	0.01	0.09	0.19	0.32	0.31	0.29	0.24	0.61	0.47	0.39	0.35	0.41
-6	0.17	0.18	0.33	0.37	0.32	0.32	0.71	0.65	0.47	0.41	0.43	0.48
-5	0.27	0.33	0.40	0.41	0.37	0.80	0.75	0.66	0.48	0.49	0.49	0.64
-4	0.42	0.41	0.44	0.48	0.82	0.83	0.78	0.69	0.55	0.57	0.65	0.76
-3	0.49	0.46	0.51	0.90	0.86	0.85	0.80	0.75	0.65	0.73	0.79	0.87
-2	0.53	0.53	0.95	0.92	0.90	0.85	0.88	0.83	0.79	0.86	0.89	0.93
-1	0.59	0.97	0.98	0.96	0.94	0.93	0.94	0.94	0.92	0.94	0.96	0.95
1	0.97	0.98	0.96	0.94	0.93	0.94	0.94	0.92	0.94	0.96	0.95	0.59
2	0.95	0.92	0.90	0.85	0.88	0.83	0.79	0.86	0.89	0.93	0.53	0.53
3	0.90	0.86	0.85	0.80	0.75	0.65	0.73	0.79	0.87	0.49	0.46	0.51
4	0.82	0.83	0.78	0.69	0.55	0.57	0.65	0.76	0.42	0.41	0.44	0.48
5	0.80	0.75	0.66	0.48	0.49	0.49	0.64	0.27	0.33	0.40	0.41	0.37
6	0.71	0.65	0.47	0.41	0.43	0.48	0.17	0.18	0.33	0.37	0.32	0.32
7	0.61	0.47	0.39	0.35	0.41	0.01	0.09	0.19	0.32	0.31	0.29	0.24
8	0.43	0.37	0.33	0.32	0.02	-0.07	0.11	0.20	0.26	0.29	0.21	0.17
9	0.33	0.32	0.31	-0.03	-0.04	-0.05	0.14	0.15	0.24	0.22	0.14	0.06
10	0.28	0.29	-0.06	-0.09	-0.04	0.00	0.10	0.14	0.19	0.14	0.03	0.01
11	0.24	-0.09	-0.12	-0.11	-0.01	-0.03	0.09	0.08	0.12	0.04	-0.02	0.02
12	-0.12	-0.16	-0.11	-0.10	-0.06	-0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	-0.01	-0.05

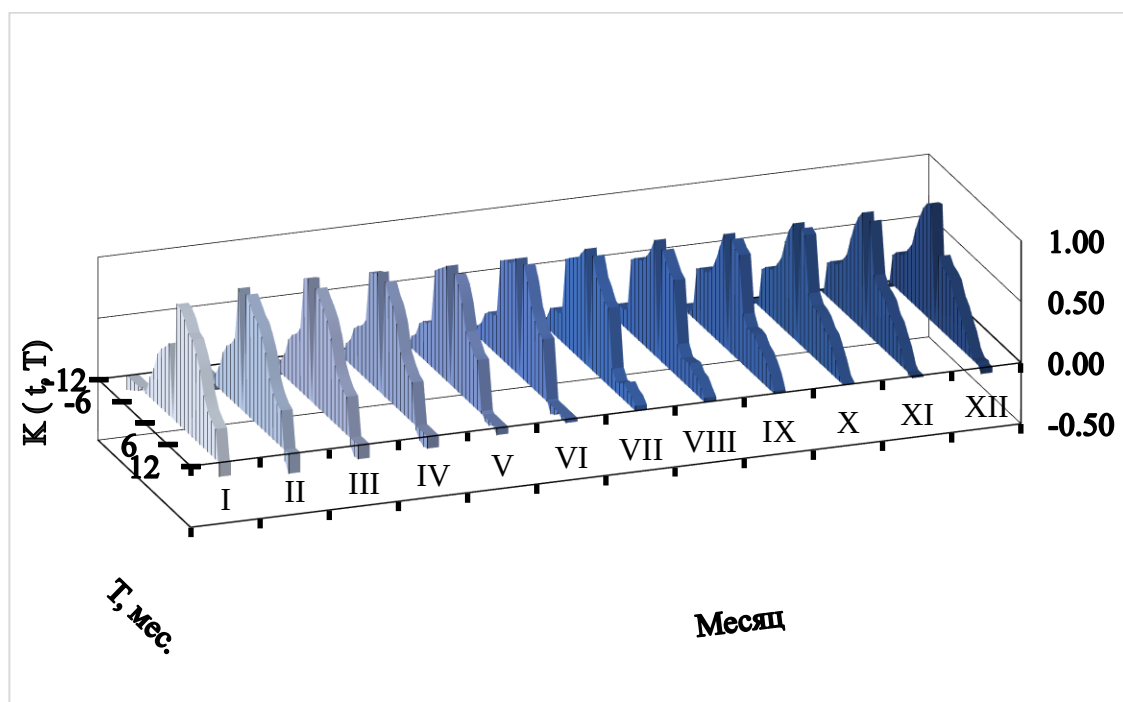


Рисунок 3.13 – Графики оценок $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

Таблица 3.26 – Матрица корреляционных зависимостей межгодовой изменчивости расходов воды р. Вуокса – X ГЭС $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	-0.12	-0.16	-0.11	-0.10	-0.06	-0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	-0.01	-0.05
24	-0.26	-0.16	-0.14	-0.18	-0.09	0.01	-0.02	-0.08	-0.14	-0.17	-0.30	-0.23
36	-0.08	-0.11	-0.08	-0.08	-0.10	-0.22	-0.31	-0.40	-0.39	-0.38	-0.31	-0.31

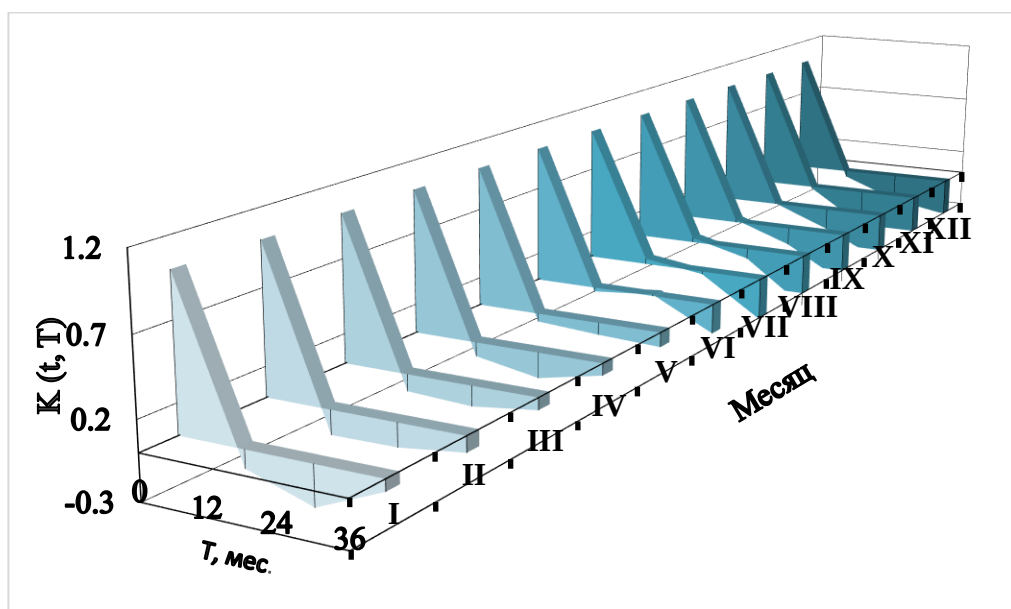


Рисунок 3.14 – Графики оценок $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

Таблица 3.27 – Значения математического ожидания и дисперсии

mx	565	567	564	563	575	584	596	582	567	550	552	556
D	32295	30927	29730	29397	24533	23406	21225	19236	23131	25629	29103	30001

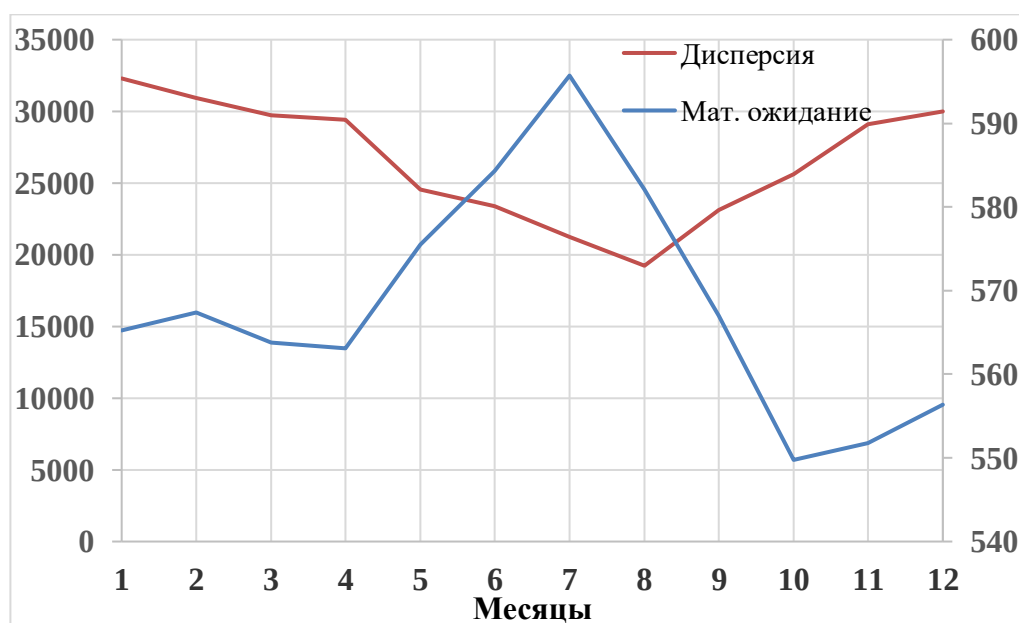


Рисунок 3.15 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии

Таблица 3.28 – Матрица корреляционных зависимостей внутригодовой изменчивости уровней воды Ладожского озера $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-12	0.08	0.07	0.07	0.09	0.11	0.11	0.12	0.14	0.14	0.17	0.18	0.18
-11	0.08	0.08	0.10	0.14	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.19	0.20	0.80
-10	0.09	0.11	0.15	0.16	0.16	0.18	0.19	0.21	0.22	0.22	0.81	0.81
-9	0.12	0.16	0.17	0.18	0.20	0.21	0.24	0.24	0.24	0.84	0.82	0.81
-8	0.18	0.18	0.20	0.22	0.23	0.26	0.27	0.27	0.87	0.85	0.83	0.82
-7	0.20	0.21	0.23	0.25	0.28	0.29	0.30	0.91	0.89	0.86	0.85	0.86
-6	0.22	0.25	0.27	0.30	0.31	0.32	0.93	0.92	0.90	0.87	0.89	0.89
-5	0.26	0.28	0.32	0.33	0.34	0.95	0.94	0.93	0.91	0.91	0.91	0.91
-4	0.30	0.33	0.35	0.36	0.96	0.96	0.96	0.94	0.94	0.93	0.93	0.94
-3	0.34	0.36	0.37	0.98	0.97	0.97	0.96	0.97	0.96	0.95	0.96	0.97
-2	0.38	0.38	0.99	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98
-1	0.39	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
1	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	0.39
2	0.99	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.38	0.38
3	0.98	0.97	0.97	0.96	0.97	0.96	0.95	0.96	0.97	0.34	0.36	0.37
4	0.96	0.96	0.96	0.94	0.94	0.93	0.93	0.94	0.30	0.33	0.35	0.36
5	0.95	0.94	0.93	0.91	0.91	0.91	0.91	0.26	0.28	0.32	0.33	0.34
6	0.93	0.92	0.90	0.87	0.89	0.89	0.22	0.25	0.27	0.30	0.31	0.32
7	0.91	0.89	0.86	0.85	0.86	0.20	0.21	0.23	0.25	0.28	0.29	0.30
8	0.87	0.85	0.83	0.82	0.18	0.18	0.20	0.22	0.23	0.26	0.27	0.27
9	0.84	0.82	0.81	0.12	0.16	0.17	0.18	0.20	0.21	0.24	0.24	0.24
10	0.81	0.81	0.09	0.11	0.15	0.16	0.16	0.18	0.19	0.21	0.22	0.22
11	0.80	0.08	0.08	0.10	0.14	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.19	0.20
12	0.08	0.07	0.07	0.09	0.11	0.11	0.12	0.14	0.14	0.17	0.18	0.18

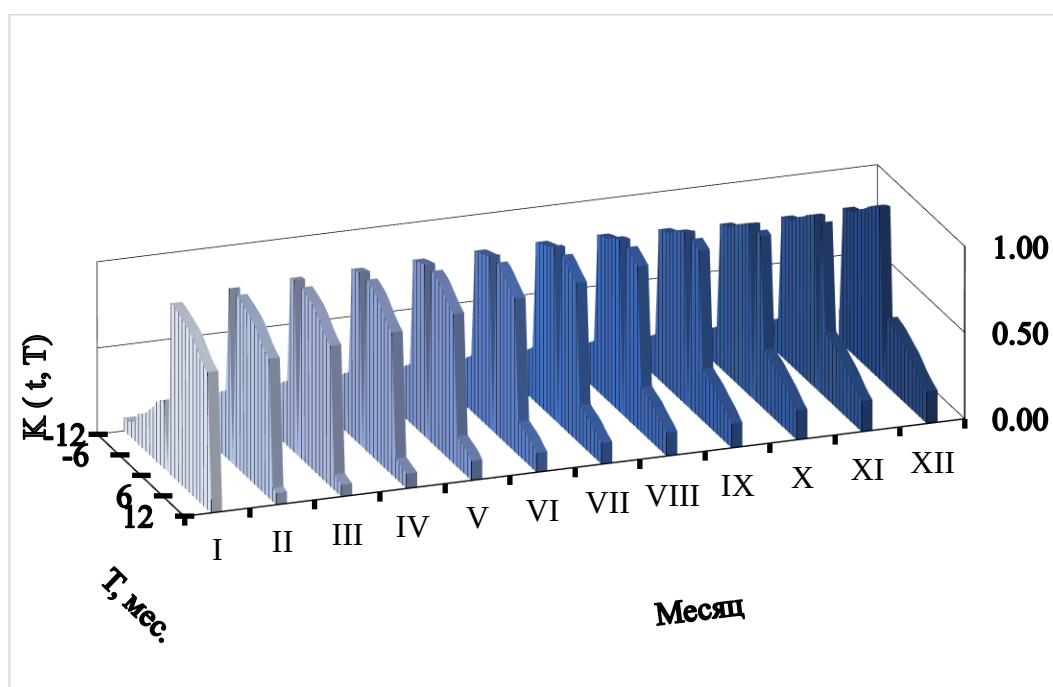


Рисунок 3.16 – Графики оценок $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

Таблица 3.29 – Матрица корреляционных зависимостей межгодовой изменчивости уровней воды Ладожского озера $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	0.08	0.07	0.07	0.09	0.11	0.11	0.12	0.14	0.14	0.17	0.18	0.18
24	-0.15	-0.13	-0.11	-0.09	-0.08	-0.08	-0.07	-0.08	-0.07	-0.04	-0.05	-0.05
36	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06

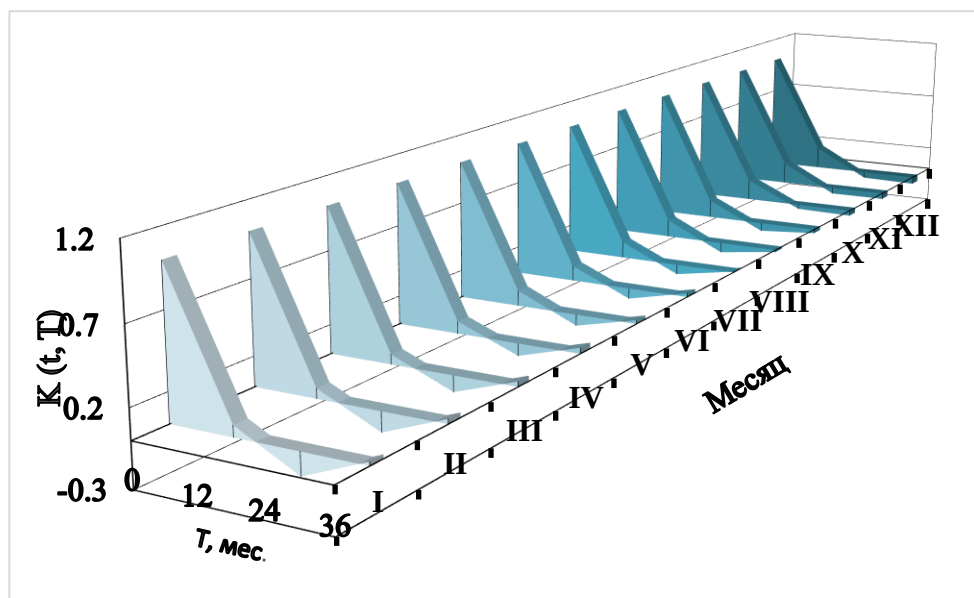


Рисунок 3.17 – Графики оценок $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

Таблица 3.30 – Значения математического ожидания и дисперсии

mx	443	448	452	459	479	483	478	467	455	444	439	438
D	5182	5256	5346	5556	5937	5973	5825	5534	5346	5270	5244	5218

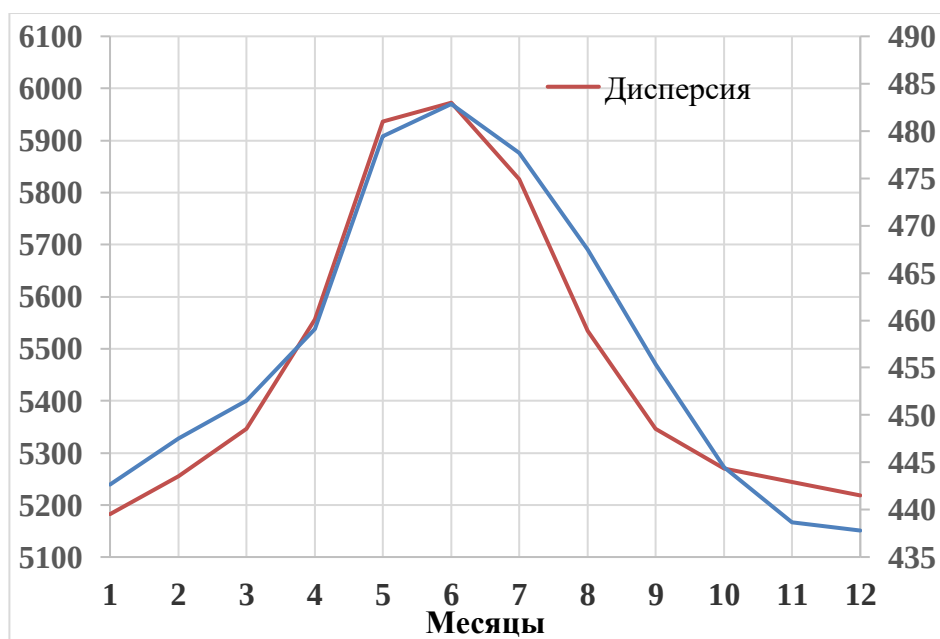


Рисунок 3.18 – Графики оценок математического ожидания и дисперсии

Таблица 3.31 – Матрица парных корреляционных зависимостей внутригодовой изменчивости уровней воды Ладожского озера и р. Волхов – VI ГЭС $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	0.83	0.84	0.59	0.56	0.90	0.89	0.88	0.85	0.87	0.83	0.88	0.74
1	0.50	0.63	-0.03	0.43	0.73	0.63	0.64	0.65	0.62	0.74	0.62	0.53
2	0.44	0.12	-0.10	0.36	0.45	0.38	0.48	0.42	0.59	0.51	0.46	0.25
3	0.12	0.10	-0.05	0.17	0.25	0.28	0.35	0.41	0.43	0.37	0.19	0.24
4	0.19	0.13	0.01	0.15	0.22	0.21	0.36	0.33	0.35	0.15	0.29	0.14
5	0.20	0.13	0.20	0.20	0.19	0.24	0.28	0.26	0.15	0.27	0.26	0.20
6	0.16	0.22	0.26	0.23	0.16	0.12	0.22	0.10	0.24	0.28	0.35	0.17
7	0.14	0.23	0.25	0.20	-0.03	0.06	0.08	0.23	0.24	0.36	0.30	0.10
8	0.06	0.21	0.21	0.17	-0.05	0.00	0.20	0.25	0.26	0.36	0.21	0.08
9	0.07	0.18	0.25	0.25	-0.05	0.07	0.30	0.20	0.23	0.28	0.16	0.03
10	0.07	0.21	0.41	0.28	0.05	0.22	0.26	0.11	0.15	0.27	0.06	0.05
11	0.04	0.33	0.45	0.27	0.26	0.18	0.16	-0.02	0.22	0.13	0.07	0.00

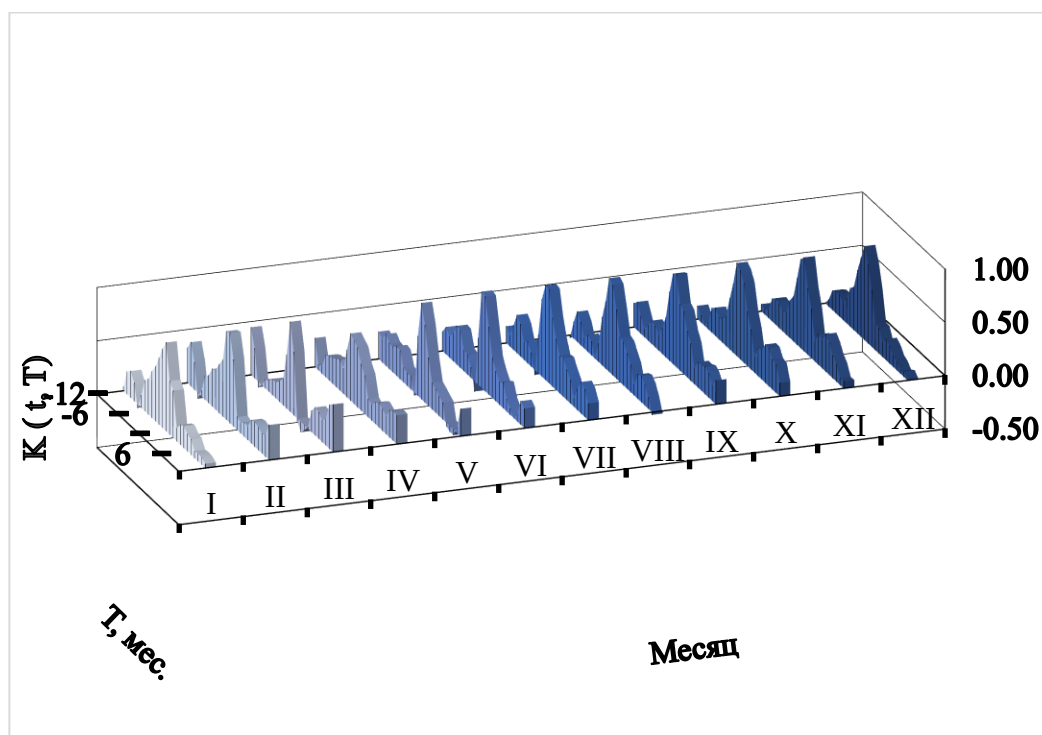


Рисунок 3.19 – Графики оценок парной корреляции $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес

Таблица 3.32 – Матрица парных корреляционных зависимостей внутригодовой изменчивости уровней воды Ладожского озера и р. Свирь $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	0.83	0.79	0.48	0.92	0.79	0.76	0.81	0.85	0.90	0.95	0.90	0.66
1	0.44	0.16	0.28	0.63	0.36	0.33	0.55	0.64	0.85	0.83	0.55	0.59
2	0.04	0.09	0.18	0.20	-0.03	0.07	0.32	0.55	0.72	0.46	0.54	0.33
3	0.06	0.27	0.06	-0.17	-0.25	-0.07	0.28	0.46	0.42	0.39	0.31	-0.15
4	0.33	0.32	0.06	-0.29	-0.28	-0.06	0.28	0.23	0.35	0.15	-0.14	-0.14
5	0.44	0.37	0.14	-0.26	-0.27	0.01	0.15	0.13	0.07	-0.21	-0.10	0.10
6	0.44	0.33	0.25	-0.20	-0.25	-0.03	0.05	-0.09	-0.26	-0.13	0.16	0.25
7	0.29	0.34	0.32	-0.19	-0.19	-0.08	-0.09	-0.28	-0.14	0.13	0.30	0.29
8	0.19	0.38	0.25	-0.08	-0.20	-0.03	-0.04	-0.15	0.11	0.30	0.34	0.19
9	0.21	0.33	0.12	-0.08	0.01	0.29	0.09	0.00	0.24	0.35	0.27	0.09
10	0.23	0.06	0.18	0.14	0.63	0.37	0.14	0.01	0.30	0.27	0.15	0.12
11	-0.05	0.07	0.22	0.73	0.67	0.25	0.00	0.05	0.23	0.14	0.19	0.07

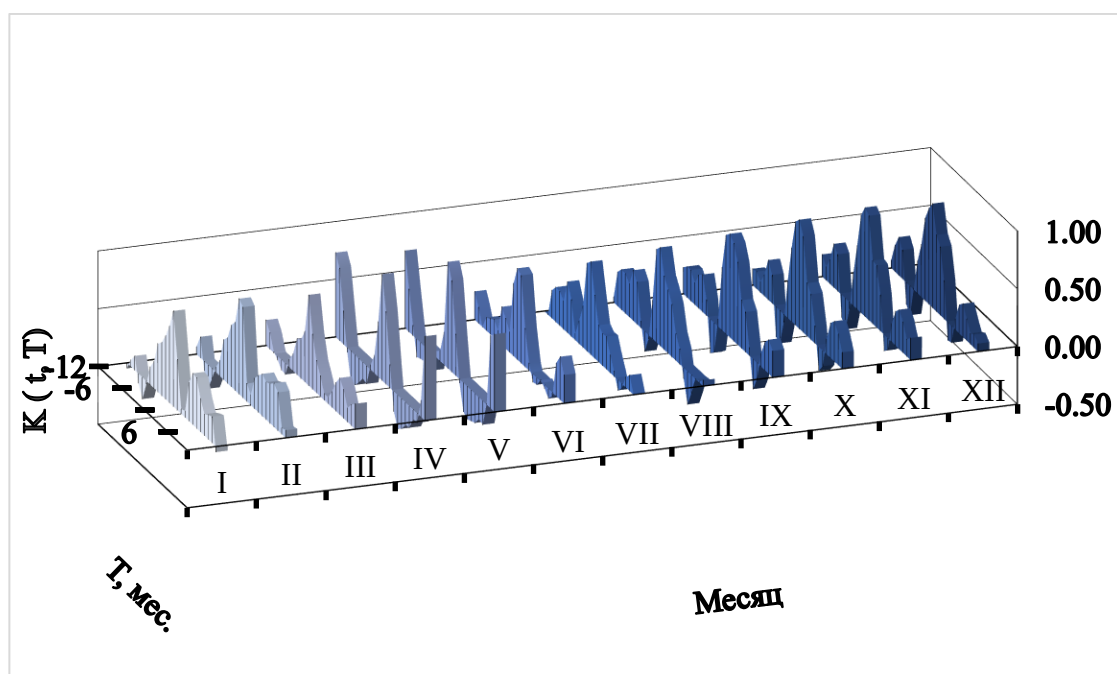


Рисунок 3.20 – Графики оценок парной корреляции $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес

Таблица 3.33 – Матрица парных корреляционных зависимостей внутригодовой изменчивости уровней воды Ладожского озера и р. Вуокса – X ГЭС $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	0.97	0.98	0.96	0.94	0.93	0.94	0.94	0.92	0.94	0.96	0.95	0.59
1	0.95	0.92	0.90	0.85	0.88	0.83	0.79	0.86	0.89	0.93	0.53	0.53
2	0.90	0.86	0.85	0.80	0.75	0.65	0.73	0.79	0.87	0.49	0.46	0.51
3	0.82	0.83	0.78	0.69	0.55	0.57	0.65	0.76	0.42	0.41	0.44	0.48
4	0.80	0.75	0.66	0.48	0.49	0.49	0.64	0.27	0.33	0.40	0.41	0.37
5	0.71	0.65	0.47	0.41	0.43	0.48	0.17	0.18	0.33	0.37	0.32	0.32
6	0.61	0.47	0.39	0.35	0.41	0.01	0.09	0.19	0.32	0.31	0.29	0.24
7	0.43	0.37	0.33	0.32	0.02	-0.07	0.11	0.20	0.26	0.29	0.21	0.17
8	0.33	0.32	0.31	-0.03	-0.04	-0.05	0.14	0.15	0.24	0.22	0.14	0.06
9	0.28	0.29	-0.06	-0.09	-0.04	0.00	0.10	0.14	0.19	0.14	0.03	0.01
10	0.24	-0.09	-0.12	-0.11	-0.01	-0.03	0.09	0.08	0.12	0.04	-0.02	0.02
11	-0.12	-0.16	-0.11	-0.10	-0.06	-0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	-0.01	-0.05

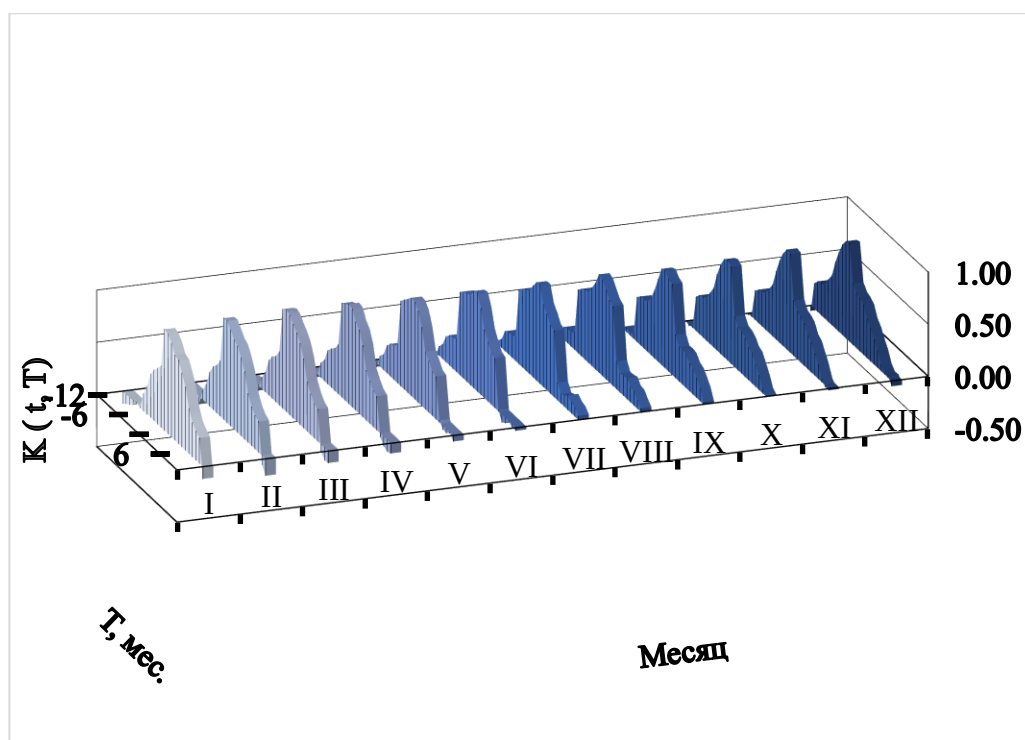


Рисунок 3.21 – Графики оценок парной корреляции $K(t, \tau)$, $\tau = 1$ мес

Процесс колебания уровней Ладожского озера обладает высокой коррелированностью. При временном сдвиге, равном одному месяцу, коэффициенты корреляции для всех месяцев года близки к единице, помимо декабря. Связи медленно затухают от месяца к месяцу. Этим они отражают наличие во временной структуре долгопериодного колебания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе, для решения поставленных задач, а именно – для оценки особенностей межгодовой и внутригодовой изменчивости стока рек (Вуокса, Свирь, Волхов), впадающих в Ладожское озеро, были использованы временные ряды расходов воды (для характеристики многолетнего хода водности – годовые, внутригодовых колебаний – средние месячные).

Реки относятся к числу озерных, режим которых практически полностью повторяет режим колебаний уровня (наполнения) озер. Исходные гидрологические ряды охватывают достаточно большой период наблюдений, включая последние годы. В зависимости от антропогенной нагрузки на реки временные ряды исходных данных были разбиты на отрезки, с естественным и нарушенным (вследствие введения во второй половине прошлого столетия в строй каскада ГЭС) режимом.

Для оценки межгодовой изменчивости в работе использован квантильный анализ и метод периодически коррелированных случайных процессов для анализа ритмики цикличности.

Квантильный анализ показал, что для общей водности рек характерно наличие многоводных и маловодных лет и групп лет (маловодные и многоводные года объединяются в группы от двух до трёх лет). Причем, многоводные и маловодные годы выделены относительно квантилей $Q_{0,75}$ (годы, значения стока которых выходят за пределы этого квантиля, считаются многоводными) и $Q_{0,25}$ (годы, значения стока которых выходят за эту границу считаются маловодными).

Для характеристики внутригодовых колебаний водности рек использовались наиболее широко применяемые в практике гидрологических расчетов методы (при наличии данных наблюдений) – распределения стока по аналогии с распределением реального года и расчёт внутригодового распределения стока методом среднего распределения по характерной

градации водности. Полученные в результате расчета типовые гидрографы 90% обеспеченности характеризуют распределение речного стока внутри года. Для реки Волхов с малой регулирующей способностью озера (Ильмень) характерны: повторяющееся весеннее половодье, летняя межень, осенний дождевой паводок и зимняя межень. На реках, вытекающих из крупных озер со слабым водообменом, характеризующихся значительной регулирующей способностью (Вуокса, Свирь), основные фазы водного режима заметно преобразованы. Половодье растянуто и распластано, время его наступления запаздывает, паводки сглажены. Слабо выраженная ритмика годовой цикличности в стоке этих рек проявляется на фоне преобладающего долгопериодного колебания уровня наполнения питающих реки озер (Сайма, Онежское).

Отмеченные особенности внутригодового хода и межгодовых колебаний стока анализируемых рек проявляются особенно четко на хронологических графиках. Наиболее отличные изменения наблюдаются на отрезках до и после введения каскада ГЭС на реках Ладожского озера. Оценка математического ожидания и дисперсии показывает зарегулированность рек плавностью своих графиков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 *Богословский Б.Б.* Общая гидрология: учебник для студ. ВУЗов/ Богословский Б.Б. [и др.] – Л.: Гидрометеиздат, 1984.–356 с.
- 2 *Евстигнеев В. М.* Речной сток и гидрологические расчеты.– М.: Изд-во МГУ, 1990. – 304 с.
- 3 *Измайлова А.В.* Современное состояние водных ресурсов естественных и искусственных водоёмов Российской Федерации и тенденции их изменения. – Дис. на соискание учен. степени д-ра геогр. наук. – Москва, 2019
- 4 *Кириллова В.А.* Озеро Ильмень // Природные ресурсы больших озер СССР и вероятностные их изменения. – Л. 1984.
- 5 *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.
- 6 *Мякишева Н.В.* Климатическая система Земли: прошлое и настоящее. Учебное пособие – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2022. – 194 с
- 7 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Ч. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1972.
- 8 *Рожков В.А.* Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. Книга 2. СПб. Гидрометеиздат. 2002. – 780 с.
- 9 Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 2004. – 72 с.
- 10 Краткая характеристика Ладожского озера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Ладожское озеро: информация и характеристики \(russiaregions.ru\)](http://ladiaregions.ru) Дата обращения 08.04.2023.

- 11 Ладожское озеро. Описание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Ладожское озеро: описание, характеристики, отдых, рыбалка и другая информация \(ozeraireki.ru\)](http://ozeraireki.ru) Дата обращения 08.04.2023.
- 12 География Ленинградской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Ленинградская область \(russiaregions.ru\)](http://russiaregions.ru) Дата обращения 12.03.2023.
- 13 Википедия. Ладожское озеро [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Ладожское озеро — Википедия \(wikipedia.org\)](http://wikipedia.org) Дата обращения 08.04.2023.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – Среднемесячные и среднегодовые расходв воды р. Волхов – VI ГЭС

месяц год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	СРЕДНЕ Е
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

месяц год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	СРЕДНЕ Е
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
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

месяц год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	СРЕДНЕ Е
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
СРЕДНЕ Е	391	356	388	997	1211	858	594	423	353	369	427	398	

Приложение Б – Среднемесячные и среднегодовые расходы воды р. Свирь – XII ГЭС

год \ месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1881	555	686	608	620	1065	984	933	880	850	760	384	403	727
1882	552	578	609	684	808	810	773	710	646	573	313	226	607
1883	296	353	403	498	645	600	595	623	672	740	726	376	544
1884	438	581	605	624	860	745	714	715	655	602	509	310	613
1885	448	482	516	514	852	747	740	684	631	645	395	293	579
1886	454	490	531	724	732	738	702	699	639	595	535	265	592
1887	428	428	502	509	777	711	718	670	642	672	616	396	589
1888	465	532	587	616	954	1002	1060	1015	955	906	562	672	777
1889	661	694	700	730	1090	984	904	840	823	863	737	574	800
1890	457	436	613	805	700	671	648	605	561	543	428	291	563
1891	432	470	493	475	588	575	569	534	500	465	278	290	472
1892	322	371	383	392	688	719	714	804	788	779	749	312	585
1893	324	428	517	564	805	751	725	674	698	699	549	269	584
1894	445	493	528	690	849	835	772	728	804	694	526	359	644
1895	419	460	506	583	715	662	714	674	664	721	766	324	601
1896	343	460	560	662	811	785	751	682	722	700	533	454	622
1897	494	529	550	606	694	626	592	532	508	510	452	311	534
1898	397	440	463	532	688	624	625	594	589	624	645	405	552
1899	434	531	561	613	980	1020	982	937	919	860	776	276	741
1900	380	494	591	674	909	861	827	785	717	726	672	470	676
1901	450	543	568	614	827	769	760	685	605	515	345	332	584
1902	396	397	409	450	716	665	719	780	821	818	664	483	610
1903	623	644	658	864	990	995	951	1085	1080	1015	956	750	884
1904	724	822	812	864	978	9	966	981	974	928	744	329	761
1905	477	594	682	810	1025	980	949	888	858	899	745	635	795

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1906	364	474	625	896	932	863	804	740	697	619	446	357	651
1907	383	436	476	600	707	726	707	664	631	623	568	318	570
1908	363	456	483	498	634	671	655	592	639	611	411	321	528
1909	458	491	519	528	725	697	715	734	666	666	562	268	586
1910	480	534	566	750	811	756	715	667	599	569	412	270	594
1911	416	451	473	525	848	735	771	737	718	710	778	428	633
1912	377	521	639	730	843	889	851	772	716	669	508	396	659
1913	446	521	571	678	711	689	673	629	582	517	483	402	575
1914	240	387	422	516	649	611	574	564	505	512	416	339	478
1915	266	343	402	552	660	655	653	612	636	614	466	355	518
1916	446	472	481	576	775	715	733	682	696	734	689	411	618
1917	300	424	527	717	771	744	744	662	678	743	686	277	606
1918	337	458	555	724	766	785	760	724	699	737	685	438	639
1919	435	509	535	645	731	715	657	605	554	545	316	341	549
1920	415	431	455	689	711	710	661	601	535	476	452	256	533
1921	290	363	405	579	554	572	554	539	519	495	367	360	466
1922	431	459	474	532	810	731	734	805	712	721	656	422	624
1923	521	554	556	543	759	869	825	849	811	842	984	796	742
1924	519	684	805	962	1165	1115	1061	940	825	758	698	425	830
1925	378	501	542	658	733	704	681	623	595	601	499	184	558
1926	281	362	439	514	888	770	769	701	661	616	629	424	588
1927	379	460	514	573	769	876	816	731	677	625	464	418	609
1928	448	472	469	546	670	660	626	658	688	854	848	639	632
1929	364	631	621	720	1047	932	905	870	853	815	829	780	781
1930	571	423	661	816	846	861	801	877	815	774	740	463	721
1931	531	568	591	714	950	834	832	779	853	812	792	382	720
1932	586	409	556	694	865	796	785	708	655	658	629	627	664

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1933	356	456	523	622	682	635	633	638	623	616	449	286	543
1934	429	439	482	599	726	693	681	631	573	524	535	417	561
1935	354	472	498	599	682	750	784	844	836	952	975	778	710
1936	646	580	758	904	914	817	758	682	621	549	527	486	687
1937	328	352	443	600	627	622	598	576	541	601	472	347	509
1938	397	409	415	531	650	629	651	589	531	488	457	378	510
1939	355	401	402	434	531	484	466	422	386	368	356	238	404
1940	229	259	300	321	436	365	373	377	393	401	409	304	347
1941	276	310	335	356	509	563	499	550	580	570	487	365	450
1942	380	416	480	550	625	595	615	730	740	740	650	484	584
1943	522	560	633	780	1055	940	925	860	800	770	638	456	745
1944	465	505	569	650	780	720	740	708	632	680	526	438	618
1945	364	424	474	520	683	671	677	646	728	752	637	374	579
1946	503	513	580	630	906	825	791	732	678	618	548	447	648
1947	307	385	413	522	617	560	526	506	445	437	426	298	454
1948	299	362	383	577	585	547	527	491	494	546	606	409	486
1949	391	519	578	682	713	754	745	686	630	608	588	560	621
1950	370	461	492	655	672	704	652	594	535	523	496	456	551
1951	234	343	397	629	596	611	582	540	494	450	394	271	462
1952	246	272	335	481	710	713	694	658	676	736	594	307	535
1953	436	459	456	438	486	539	619	752	748	859	778	682	604
1954	590	510	565	483	577	607	560	554	640	571	509	497	555
1955	586	589	577	580	781	927	795	730	768	673	658	540	684
1956	550	577	556	571	545	512	351	380	477	530	581	582	518
1957	557	592	554	532	829	908	773	717	698	830	863	594	704
1958	700	831	825	818	1038	893	819	844	975	809	652	604	817
1959	607	637	577	491	515	420	380	415	410	515	590	490	504

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1960	448	495	420	397	346	346	345	338	408	447	449	341	398
1961	400	335	271	310	257	542	644	666	986	792	875	630	559
1962	548	677	685	786	994	886	1033	1120	1110	1107	1047	743	895
1963	651	661	655	652	879	891	620	618	637	608	586	510	664
1964	485	510	538	397	430	307	473	672	617	545	540	427	495
1965	427	435	346	292	372	428	481	592	601	669	599	522	480
1966	535	516	471	446	434	767	886	824	811	705	852	647	658
1967	619	603	639	559	720	936	821	760	703	616	591	566	678
1968	517	523	508	410	473	750	950	832	771	712	591	553	633
1969	582	519	520	486	368	597	563	561	587	576	583	583	544
1970	617	656	678	602	547	665	512	380	505	613	615	561	579
1971	491	636	603	653	621	875	858	692	658	603	542	543	648
1972	511	507	510	426	401	471	513	453	442	390	318	184	427
1973	292	261	311	321	451	532	500	460	474	497	462	470	419
1974	425	420	450	400	434	529	444	488	526	523	492	514	470
1975	584	602	537	602	765	648	670	772	512	501	439	414	587
1976	436	411	461	366	318	434	498	587	723	763	690	650	528
1977	525	567	582	581	567	662	808	692	601	501	515	601	600
1978	616	621	636	647	695	583	532	543	494	599	570	626	597
1979	592	600	568	465	393	508	512	524	522	480	474	473	509
1980	514	546	630	570	480	492	552	532	538	519	467	409	521
1981	412	378	445	424	337	502	621	612	702	667	734	703	545
1982	777	905	910	832	876	1187	1052	929	686	615	631	587	832
1983	598	602	559	453	527	626	649	630	597	532	521	569	572
1984	606	615	660	618	636	740	721	528	559	579	598	635	625
1985	588	614	525	535	442	519	567	605	500	548	529	459	536
1986	437	447	430	392	394	475	488	488	453	522	435	473	453

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1987	542	628	561	536	553	596	632	594	591	764	698	562	605
1988	510	543	523	546	518	542	566	571	666	892	907	720	625
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	1140	784	525	372	422	433	843
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	730	923	1010	1070	1020	874	704	857	879	881	834	622	867
2010	723	791	862	679	636	748	625	496	392	330	507	576	614
2011	587	715	644	481	611	695	478	334	389	526	696	635	566
2012	591	643	688	524	549	706	841	925	983	886	972	621	744
2013	656	679	726	612	644	581	403	392	473	336	551	515	547
2014	561	678	685	551	536	636	568	489	382	374	378	357	516

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
среднее	463	509	561	682	768	723	682	638	617	607	564	448	

Приложение В – Среднемесячные и среднегодовые расходы воды р. Вуокса – Х ГЭС

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	СРЕДНЕЕ
1850	665	630	603	570	581	572	581	550	536	505	516	524	569
1851	658	516	503	487	532	609	684	692	668	633	630	618	603
1852	606	595	581	550	544	575	572	541	500	460	452	437	534
1853	452	462	467	457	524	572	606	636	639	615	612	603	554
1854	592	558	527	475	467	478	470	470	440	416	419	421	478
1855	435	437	429	424	462	513	527	508	475	454	437	424	460
1856	413	410	402	382	392	442	511	575	595	606	609	615	496
1857	606	584	567	550	578	636	651	676	636	630	561	508	599
1858	495	487	470	442	464	521	547	541	500	464	421	384	478
1859	362	336	321	323	384	457	561	651	782	747	695	662	523
1860	642	612	572	541	570	612	656	665	668	665	673	592	622
1861	705	684	653	612	633	670	705	705	681	645	586	561	653
1862	536	498	467	440	467	529	592	627	630	600	609	558	546
1863	541	527	508	475	541	618	670	686	692	684	668	705	610
1864	718	698	678	659	668	689	705	724	750	759	753	741	712
1865	718	681	645	600	595	636	681	718	693	662	627	612	656
1866	589	578	558	527	558	600	653	695	681	645	606	567	605
1867	556	518	487	454	444	513	621	708	730	711	702	689	594
1868	670	642	609	581	648	711	797	759	705	653	609	553	661
1869	518	481	462	437	473	545	609	645	642	633	645	668	563
1870	681	681	668	659	686	733	782	779	741	689	659	627	699
1871	584	544	498	464	464	508	558	586	589	592	598	593	548
1872	627	627	592	584	636	750	832	822	788	718	695	721	699
1873	727	727	705	678	684	736	769	766	744	718	702	708	722
1874	711	705	676	682	678	702	705	718	689	662	648	663	687

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	СРЕДНЕЕ
1875	642	633	606	570	575	625	609	592	558	518	487	440	571
1876	402	377	334	338	370	421	475	516	527	527	508	505	442
1877	489	475	457	435	462	529	606	645	659	656	656	653	560
1878	668	684	681	678	698	724	794	822	822	822	854	857	759
1879	867	837	822	775	797	847	896	896	838	788	759	718	820
1880	670	627	592	553	567	575	584	575	550	505	473	437	559
1881	440	424	400	377	416	508	578	645	684	665	24	636	483
1882	592	572	570	600	627	665	678	670	642	603	575	547	612
1883	518	505	481	467	452	450	492	558	598	627	653	618	535
1884	598	592	586	589	606	636	659	656	645	618	592	547	610
1885	516	505	489	464	484	538	564	575	586	589	595	592	541
1886	586	558	524	527	564	618	665	663	624	584	544	516	581
1887	500	492	473	464	470	529	575	586	581	575	556	567	531
1888	578	570	550	536	570	630	681	702	678	653	630	618	616
1889	589	558	532	550	564	624	642	642	645	633	615	603	600
1890	586	564	541	544	558	572	598	600	592	600	642	642	587
1891	630	609	592	567	595	648	684	662	633	598	564	524	609
1892	513	492	457	436	450	524	618	662	682	695	711	721	580
1893	711	681	648	598	595	600	598	575	556	556	541	547	601
1894	544	538	518	518	558	615	598	556	553	592	474	460	544
1895	451	440	427	408	435	457	495	495	498	498	516	535	471
1896	541	541	532	516	547	578	606	581	553	529	532	529	549
1897	524	508	489	481	532	561	572	561	556	521	484	473	522
1898	478	470	473	478	556	695	785	804	772	753	736	763	647
1899	800	794	766	759	844	987	1093	1116	1174	1021	967	932	938
1900	12	874	820	763	784	839	861	858	816	778	763	754	744
1901	743	715	678	657	684	697	706	666	615	554	517	480	643

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	СРЕДНЕЕ
1902	443	410	383	360	375	412	446	506	578	654	703	737	501
1903	734	712	678	681	731	793	831	847	833	899	876	857	789
1904	818	774	718	675	721	753	765	749	753	737	724	724	743
1905	712	687	660	663	709	793	854	854	828	809	790	759	760
1906	728	693	657	627	781	724	721	690	645	572	528	508	656
1907	432	452	427	445	457	557	648	684	690	678	654	618	562
1908	583	551	514	480	491	485	497	488	468	449	418	402	486
1909	380	362	346	331	349	402	440	477	485	471	488	497	419
1910	514	517	511	508	569	615	642	642	595	560	520	502	558
1911	488	465	449	424	488	525	548	551	551	554	586	660	524
1912	703	703	681	663	681	721	753	727	712	718	706	721	707
1913	712	687	657	624	681	712	724	678	639	569	525	488	641
1914	460	429	410	391	412	449	471	488	468	452	432	418	440
1915	418	410	391	383	407	443	468	465	457	429	412	401	424
1916	383	370	354	336	391	438	477	480	468	449	457	471	423
1917	491	488	477	468	505	540	563	548	525	523	554	615	525
1918	660	672	657	642	654	654	657	633	603	597	610	621	638
1919	627	615	592	575	606	618	630	603	560	531	508	494	580
1920	477	463	452	480	603	727	771	765	724	669	606	578	610
1921	551	520	488	500	34	551	572	557	523	505	514	520	486
1922	534	520	502	488	551	666	749	781	771	749	712	700	644
1923	669	639	595	551	551	600	675	715	706	721	778	854	671
1924	889	879	847	815	860	979	1091	1072	1001	953	899	850	928
1925	803	759	715	678	690	709	718	687	648	618	598	572	683
1926	543	508	477	464	517	595	630	615	589	563	531	520	546
1927	500	485	474	465	517	615	715	753	756	734	721	681	618
1928	642	600	557	525	545	583	609	642	660	672	715	762	626

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	СРЕДНЕЕ
1929	778	759	718	681	693	753	787	768	753	737	743	765	745
1930	803	844	841	825	809	778	734	672	627	575	563	560	719
1931	566	557	587	514	548	578	630	660	679	657	672	672	610
1932	672	660	624	606	651	697	715	693	642	630	642	660	658
1933	687	690	666	648	648	624	597	606	595	551	537	505	613
1934	480	460	443	427	463	517	586	618	603	595	642	690	544
1935	718	721	700	687	703	721	731	740	731	753	812	870	741
1936	905	895	854	812	844	867	821	796	734	666	621	683	792
1937	586	572	557	548	578	595	595	563	520	500	485	488	549
1938	479	473	466	479	533	618	704	729	723	704	688	679	606
1939	668	653	627	601	618	612	601	575	530	482	439	425	569
1940	384	353	343	344	341	353	341	335	319	325	324	340	342
1941	332	325	325	314	312	319	320	310	296	280	272	273	307
1942	261	251	241	232	215	220	222	235	246	263	264	306	246
1943	377	405	408	430	500	586	694	728	720	701	692	697	578
1944	689	676	650	617	650	698	746	724	690	656	630	629	671
1945	638	630	615	601	636	688	716	708	690	656	624	597	650
1946	580	546	503	498	544	574	606	586	548	514	482	462	537
1947	450	429	415	405	419	430	438	426	390	355	334	332	402
1948	309	309	306	322	340	361	368	344	337	327	347	377	337
1949	470	529	540	530	503	427	405	477	542	555	681	671	528
1950	672	631	616	608	602	515	500	571	585	621	604	597	594
1951	610	596	593	602	628	502	478	484	443	472	476	499	532
1952	516	446	418	380	336	264	208	341	579	704	690	679	463
1953	691	703	710	666	590	423	213	348	483	610	677	691	567
1954	678	643	636	632	458	412	223	218	371	390	615	746	502
1955	753	825	967	965	877	923	754	540	638	656	724	730	779

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	СРЕДНЕЕ
1956	693	681	687	688	490	416	337	332	340	446	589	583	524
1957	584	633	657	573	337	329	427	664	626	723	727	727	584
1958	722	716	729	752	500	589	524	720	712	697	684	652	666
1959	577	589	569	452	502	360	276	400	493	470	402	358	454
1960	329	338	358	348	370	364	397	87	364	352	327	330	330
1961	324	337	358	355	414	450	515	537	601	602	563	564	468
1962	593	597	590	583	644	682	707	721	755	813	960	982	719
1963	998	850	796	739	485	496	494	495	535	485	482	466	610
1964	450	429	428	425	451	462	452	424	417	372	349	353	418
1965	378	398	396	398	428	446	458	470	476	481	497	536	447
1966	514	505	497	482	505	599	617	683	689	653	643	648	586
1967	634	643	645	633	648	699	719	689	641	594	593	606	645
1968	618	606	563	610	684	697	670	678	648	617	600	601	633
1969	624	583	578	603	550	591	558	558	503	472	447	466	544
1970	492	467	469	489	531	572	571	583	520	475	479	485	511
1971	490	517	487	547	560	641	676	635	605	568	537	538	567
1972	504	509	488	475	503	492	522	486	475	438	438	428	480
1973	447	471	473	492	508	520	544	505	453	440	423	414	474
1974	409	412	414	429	483	451	607	652	735	759	796	957	592
1975	1020	1032	1063	1100	912	752	760	669	447	428	428	491	759
1976	492	518	481	458	449	457	462	472	473	437	406	413	460
1977	407	408	421	412	436	506	512	502	478	461	503	543	466
1978	553	540	531	509	514	477	437	442	399	381	601	360	479
1979	360	372	380	385	402	426	443	480	465	442	433	478	422
1980	518	559	569	410	505	487	492	478	480	465	452	487	492
1981	503	619	664	625	579	567	715	754	758	821	822	846	689
1982	914	929	835	634	672	910	803	726	676	517	509	535	722

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	СРЕДНЕЕ
1983	507	390	577	624	657	697	718	654	620	613	575	620	604
1984	650	731	759	807	809	715	616	589	551	499	485	483	641
1985	562	537	522	494	499	524	550	538	519	483	522	514	522
1986	536	540	515	520	518	546	570	513	504	494	459	470	515
1987	583	578	568	566	530	573	585	616	704	826	836	787	646
1988	770	706	660	670	734	780	747	747	815	787	777	724	743
1989	671	647	649	654	739	751	733	539	353	562	518	472	607
1990	447	464	503	530	581	590	599	551	485	445	388	332	493
1991	333	324	320	333	365	381	507	537	536	617	669	672	466
1992	613	660	675	732	825	735	664	580	588	585	553	609	652
1993	629	598	613	608	602	613	624	649	669	593	623	555	615
1994	525	522	503	540	561	613	654	634	551	514	603	643	572
1995	596	626	616	715	705	700	681	644	546	535	540	541	620
1996	498	469	378	451	476	460	494	546	526	463	427	480	472
1997	531	506	498	534	543	533	547	545	538	446	411	413	504
1998	410	413	437	464	451	471	550	603	709	714	723	701	554
1999	643	626	618	605	620	580	633	596	506	438	422	337	552
2000	398	450	455	473	536	518	571	592	547	525	495	529	507
2001	568	574	596	598	624	599	629	583	561	490	447	429	558
2002	1056	1047	1045	1093	1084	1110	1123	1054	1038	964	936	946	1041
2004	511	485	486	522	522	522	588	666	706	722	800	710	603
2005	804	808	834	755	722	729	717	625	579	510	494	496	673
2006	496	483	460	408	441	481	388	341	326	283	295	423	402
2007	556	648	590	589	615	575	587	568	596	661	634	661	607
2008	626	694	701	734	735	729	718	630	678	630	720	738	694
2009	747	744	733	740	732	626	590	569	529	508	522	537	631
2010	530	515	503	520	514	536	586	576	574	493	461	448	521

год месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	СРЕДНЕЕ
2011	422	417	417	415	479	478	424	394	434	436	471	581	447
2012	527	596	565	499	596	678	767	842	934	964	966	940	740
2013	798	760	748	723	706	615	615	611	566	561	526	508	645
2014	740	781	773	699	691	713	659	661	603	605	535	549	667
среднее	580	576	562	550	562	591	611	612	605	590	582	584	584