



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

Кафедра гидрологии суши

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему **Водный режим реки**  
**Тигоды в современных условиях**

Исполнитель Наумов Сергей Алексеевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)

Винокуров Игорь Олегович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись)

к.г.н., доцент

\_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)

Сикан Александр Владимирович  
(фамилия, имя, отчество)

«16» июля 2016 г.

Санкт-Петербург  
2016



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

Кафедра гидрологии суши

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему **Водный режим реки**  
**Тигоды в современных условиях**

Исполнитель Наумов Сергей Алексеевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)

**Винокуров Игорь Олегович**  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

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

**Сикан Александр Владимирович**  
(фамилия, имя, отчество)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Санкт-Петербург  
2016

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Краткая природная характеристика Северо-Западного района	4
2	Краткая климатическая характеристика региона	9
2.1	Многолетнее распределение метеорологических характеристик	13
3	Годовой сток	18
3.1	Предварительный анализ исходных данных	-
3.2	Построение эмпирических и аналитических кривых	26
3.3	Построение разностно-интегральных кривых	30
3.4	Квантильный анализ	32
4	Экстремальный сток	39
4.1	Предварительный анализ исходных данных	40
4.2	Построение эмпирических и аналитических кривых	41
5	Внутригодовое распределение стока	48
	Заключение	57
	Список использованных источников	59
	Приложения	60

## ВВЕДЕНИЕ

Изменения гидрологического режима рек напрямую связаны с двумя основными факторами - изменениями климата и хозяйственной деятельностью человека. При этом трудно выделить количественно преобладание того или иного фактора. Вопросам изменения климата всегда уделялось большое внимание. В настоящее время широко обсуждается проблема глобального потепления климата. В этой связи важно постоянное уточнение средних значений основных гидрометеорологических характеристик и выявление тенденций их изменения за последние десятилетия.

Целью данной работы является всестороннее изучение водного режима реки Тигода в современных условиях. Для решения поставленной задачи в работе использовались данные наблюдений над расходами воды реки Тигода с 1945 по 2014 год.

Для данной работы были взяты ряды данных по среднемесячным расходам воды, среднегодовым расходам воды, максимальным расходам воды, минимальным расходам воды реки Тигода по станции Любань, а также ряды метеорологических данных, таких, как среднемесячные температуры и среднемесячные осадки по г. Санкт-Петербург.

# 1 КРАТКАЯ ПРИРОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РАЙОНА

## *Геологическое строение*

Территория Северо-Запада находится почти полностью в пределах Русской платформы и сложена комплексом осадочных дочетвертичных отложений, которые залегают, под четвертичными на архейском или протерозойском кристаллическом основании. Северная окраина территории принадлежит южной оконечности Балтийского щита и сложена кристаллическими породами архейско-протерозойского комплекса, представленного различными видами гнейса и сланцев.

Осадочные коренные образования области в основном представлены отложениями палеозоя: толщами нижнего кембрия, верхнего, среднего и нижнего ордовика, нижнего и среднего карбона, верхнего и среднего девона. Осадочные породы почти везде перекрыты толщей четвертичных отложений, мощность которых варьирует в больших пределах (0.5-200 м).

Максимальная мощность четвертичных отложений достигает 160-200 м в границах Судомской возвышенности и 100-130 м в пределах Центральной Карельской. Значительная мощность четвертичных отложений (60-120 м) наблюдается также в зоне краевых образований последнего оледенения. Эта зона, приуроченная в основном к выступу поверхности дочетвертичных пород – Карбоновому плато и его склону, препятствовала продвижению ледника и способствовала аккумуляции ледниковых и водно-ледниковых осадков.

Минимальная их мощность обычно от 0.5 до 5 м наблюдается на участках Силурийского плато и от 10 до 20 м в Приильменской и Предглинтовой низменностях.

В границах описываемой территории, растворимые отложения от нижнего ордовика до среднего карбона подвергаются воздействию карстовых

процессов. Карстовые процессы локализуются в двух основных районах: на Карбоновом и Силурийском (Ордовикском) плато. Для областей распространения карста характерно большое изменение стока на небольших площадях и несовпадение поверхностных и подземных водосборов.

### *Рельеф местности*

По характеру рельефа территорию Северо-западного региона можно разделить на: низменную и возвышенную. Низменная часть находится на северо-западе региона, а возвышенная на востоке, юго-востоке и юге региона.

Северо-западная часть расположена в основном в пределах Прибалтийской низменности, уходящей на западе на территорию Эстонии и Латвии, а на севере и северо-востоке – в Карелию. Понижения рельефа в виде обширных низменностей с абсолютными отметками от 0 до 50 м, редко более, расположены в северной, центральной и западной частях территории. Это (с севера на юг) Вуоксинская низина в северной части Карельского перешейка, Предглинтовая низменность, включающая впадины Финского залива, Ладожского и Онежского озер (по местным названиям Лужско-Нарвская, Приморская, Приневская и Приладожская), Приильменная или Волхово-Ловатская низина с котловиной, занятой оз. Ильмень, и Чудско-Псковская низина с впадиной Чудского и Псковского озер.

Возвышенная часть территории Северо-Запада – восточная, юго-восточная и южная – расположена в пределах Валдайской возвышенности, которая широкой дугой окаймляет Прибалтийскую низменность и тянется от восточного побережья Онежского озера до г. Великие Луки, переходя далее на территорию Белоруссии и Литвы. Валдайская возвышенность приурочена к Карбонному плато для, которого характерно развитие карста, проявляющегося в виде многочисленных карстовых воронок, оврагов, слепых долин рек, озер и источников, создающих на отдельных участках характерный карстовый микрорельеф.

## *Почвы*

Основными процессами почвообразования на территории Северо-Запада являются заболачивание и подзолообразование, это обусловлено положением территории в зоне с влажным и холодным климатом, а также преобладанием лесной, преимущественно хвойной растительности.

На территории, которая находится, к югу от Ладожского и Онежского озер широко распространены средне- и слабодерновоподзолистые почвы, подзолистые и болотные. Иногда можно встретить аллювиальные почвы и дерново-карбонатные.

Здесь, по механическому составу, различаются почвы тяжелосуглинистые, глинистые, легко- и среднесуглинистые, супесчаные и песчаные. Также преобладают суглинистые почвы на валунных суглинках, но много почв и супесчаных.

В бассейне р. Луги широко распространены дерново-карбонатные и дерново-подзолистые почвы на карбонатных валунных суглинках.

В Новгородской области часто встречаются дерново-подзолистые и все разновидности подзолистых почв.

Волховско-Ильменская низменность к северу от оз. Ильмень, главным образом, сложена ленточными глинами. В некоторых местах встречаются карбонатные отложения, но они находятся на большой глубине и роль их в почвообразовании незначительна. Имеет место широкое распространение подзолисто-глеевых, торфяно-глеевых почв.

В Предвалдайской полосе, которая находится на западной части Валдайской гряды, распространены супесчаные и песчаные отложения, а также выщелоченные валунные суглинки. На этих отложениях происходит формирование подзолистых и болотных почв. Сильноподзолистые почвы относятся к супесчаным отложениям, слабо- и среднеподзолистые – к песчаным.

Для Валдайской гряды типичным является ландшафт конечных морен, обуславливающий, значительную пестроту почвообразующих пород. В основном она сложена суглинками и валунными, а впадины и ложбины, которые занимают пространство между грядами, заняты озерами, болотами и заболоченными почвами. Именно поэтому почвенный покров здесь разнообразен.

Влагонасыщенность почв за теплый период года сначала уменьшается в июле – августе (реже в июле), а затем начинается повышение влажности почвы из-за увеличения количества осадков и одновременно уменьшение потерь влаги на транспирацию и испарение.

Влагозапасы в почве в зимнее время года зависят от того, насколько почва промерзает. Влагонасыщенность почвы резко увеличивается из-за капиллярного подсосывания при образовании льда. Также за счет парообразной воды, которая поднимается из нижних теплых слоев почвы холодным верхним, где она конденсируется и, в следствии замерзает.

Растительность. Территория Северо-Запада находится в основном в южной подзоне тайги, и лишь небольшая северо-восточная ее часть находится в подзоне средней тайги. Крайняя юго-западная расположена в зоне смешанных лесов.

Для территории наиболее характерны темнохвойные (еловые) леса, которые покрывают большую часть района. Они приурочены к водоразделам с супесчаными и суглинистыми почвами. Основная группа – ельники-зеленомошники характеризуется хорошо развитым древостоем из ели и обильным напочвенным покровом из мхов. В северной части эта группа представлена в основном типом черничного ельника с моховым покровом и с большим развитием черники в травяно-кустарниковом ярусе.



На более легких супесчаных и песчаных почвах имеют широкое распространение сосновые леса, образующие такие же сообщества, как и еловые.

Состав лиственных лесов представлен мелколиственными породами (ольхой, березой, осиной). На юго-западе значительна примесь широколиственных пород (клена, ясеня, липы, дуба, вяза). На побережье Финского залива и по рекам Волхову и Луге можно встретить маленькие дубравы.

Всего под лесом находится почти половина площади Северо-Запада. Под влиянием вырубок и поваров распространились производные осиновые и березовые леса, а также сероольховые заросли, в некоторых местах почти полностью заменившие коренные лесные сообщества.

Заболоченные земли и болота занимают около 30% территории района. Приильменная низина выделяется сильной заболоченностью. Также много болот в долине р.Невы, у Ладожского озера, в нижнем течении р.Свири. Болота обычно верховые (сфагновые), иногда низинного и переходного характера (осоковые, осоково-пушицевые, осоково-сфагновые).

Под лугами находится почти 7% территории района. Почти все луга суходольные со злаково-разнотравной растительностью. Поименно-заливные луга приурочены крупным рекам. Большие массивы заливных лугов находятся на побережье оз.Ильмень, в долине р.Волхов и в низовьях рек, впадающих в это озеро.

Под длительным воздействием человека растительный покров области сильно изменился. Много земель распаханно или превращено в разные сельскохозяйственные угодья. На данный момент культурной растительностью занято около 12% площади. Самой маленькой распаханностью (1-5%) характеризуются северные и северо-восточные районы, самой большой(до 20-30%) – западные и южные.

## 2 КРАТКАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

### *Температура воздуха*

Средняя годовая температура воздуха на территории Северо-Западного района варьируется от 4.5°C в южной части до 2°C в северо-восточной. На островах в Финском заливе годовая температура воздуха обычно превышает 5°C.

Самыми холодными месяцами в году являются январь и февраль. Средняя месячная январская температура в Северо-Западном районе около -7°C на западе территории и ниже -11°C на северо-востоке.

Самым теплым месяцем на рассматриваемой территории является июль, со средней температурой воздуха 16-17°C.

За начало весны принимается устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через нуль. Период с положительными средними суточными температурами составляет 190-200 дней в год.

За начало лето принимается переход средней суточной температуры воздуха через 10°C, наступает обычно в первой декаде мая.

Осень наступает в конце первой-начале второй декады сентября.

Зима начинается в конце октября. Первая половина зимы, характеризуется преобладанием ненастной погоды с выпадением осадков, в виде дождя или мокрого снега. Часто в конце октября – начале ноября уже появляется снежный покров, но он, как правило, держится недолго. В это время возможны неоднократные кратковременные образования снежного покрова. Приблизительно с первой половины декабря средняя суточная температура воздуха переходит через -5°C.

Из-за большой изменчивости циркуляционных процессов погодные условия отдельных лет значительно отличаются от общих условий.

### *Осадки*

Территория Северо-Запада является зоной избыточного увлажнения. Все из-за сравнительно небольшого прихода тепла и хорошо развитой здесь циклонической деятельностью, которая активно проявляется во все сезоны календарного года.

На распределение по территории осадков сильно влияют орографические особенности местности и подстилающая поверхность, которые ведут к нарушению плавного характера изменения осадков. Даже маленькие возвышенности обуславливают перераспределение осадков: увеличение осадков на наветренных возвышенных участках и уменьшение на подветренных склонах и в понижениях за возвышенностями. Заметно уменьшаются осадки рядом с крупными водоемами такими, как Финский залив, Онежское, Ладожское, Ильмень, Псковское и Чудское озера. Это все обуславливает неравномерное распределение осадков по территории.

Внутри года осадки распределяются неравномерно. Характер их распределения по территории в теплый и холодный период имеет много общего с годовым, однако в теплый период года влияние возвышенностей на перераспределение осадков заметно больше, нежели в холодный. Количество осадков за теплый период (апрель-октябрь) колеблется от 450 до 550 мм.

В теплый период увеличение осадков наблюдается на возвышенностях, которые находятся в западной и восточной частях территории, а в пониженной центральной части Северо-Запада заметно выражено уменьшение их. Кроме того, уменьшение осадков отмечается на низменностях, прилегающих к Финскому заливу и Ладожскому озеру.

Осадки холодного периода года (ноябрь-март) составляют примерно 40-45% годовых. За холодный период 150-200 мм осадков.

Максимум осадков на большей части территории приходится на июль-август и лишь изредка на сентябрь. В эти месяцы выпадает от 70 мм до 80-90 мм.

Интенсивность выпадающих осадков колеблется. Наибольших значений они достигают в месяцы лета – июле и августе.

Влажность воздуха. Упругость водяного пара достигает наименьших значений в феврале (2.4-2.8 мб). С марта происходит увеличение влагосодержания воздуха, самое интенсивное от мая к июню и от июня к июлю (на 3-4 мб). Самого большого значения упругость водяного пара достигает в июле (12-14 мб). В августе влажность начинает уменьшаться в среднем на 0.4-0.6 мб, а в сентябре и октябре на 3-4 мб.

Самое большое значение относительной влажности воздуха наблюдается в ноябре-январе. Начиная с февраля-марта значения относительной влажности в дневные часы довольно интенсивно уменьшаются. Однако даже во время минимума (май-июнь) значения относительной влажности не падают ниже 50-55%. Над крупными водоемами влажность не падает ниже 71-75%.

Число дней с относительной влажностью 80% на Северо-Западе изменяется от 130 до 165.

Дефицит влажности самые маленькие значения имеет в холодное время года. Особенно мал недостаток насыщения в декабре-феврале (менее 0.5 мб). С марта он постепенно увеличивается, достигая самых крупных значений (5-7 мб) в июне. В районах, прилегающих к большим водоемам, дефицит влажности имеет значение 4-5 мб.

#### *Радиационный баланс*

Значение годового радиационного баланса меняется по территории Северо-Запада в пределах 32-35 ккал/см<sup>2</sup>, при этом составляя 40-45% суммарной радиации. Время когда радиационный баланс имеет

положительное значение длится от третьей декады марта и до начала ноября. Самых больших значений радиационный баланс достигает в мае-июле, составляя 7.0-8.5 ккал/см<sup>2</sup>, т. е. 50-60% суммарной радиации, самых маленьких – в декабре-январе – 0.5-1.2 ккал/см<sup>2</sup>. Сумма отрицательного радиационного баланса в среднем равна 2-3 ккал/см<sup>2</sup>.

### *Снежный покров*

Устойчивый снежный покров формируется на побережье Ладожского и Онежского озер и юго-западной части региона до начала ноября, в восточной части рассматриваемой территории – в конце ноября. По мере продвижения на юго-запад формирование снежного покрова задерживается до второй декады декабря. В некоторые годы устойчивого снежного покрова не бывает до середины января.

В начале зимнего сезона высота снежного покрова небольшая – менее 10 см. максимальной мощности высота снежного покрова достигает в третьей декаде февраля – второй декаде марта.

Запас воды в снежном покрове распределяется по территории района в соответствии с мощностью снежного покрова. Самых больших значений он достигает к моменту снеготаяния.

Снежный покров стоит 100-110 дней на юго-западе района, 130-150 дней – в северо-восточной части территории. Его разрушение обычно происходит в конце марта в юго-западной части района, во второй декаде апреля – в северо-восточной части территории. Полностью снег сходит в 1-3 декадах апреля.

### *Ветер*

Ветровой режим сильно зависит от общей циркуляции атмосферы и плотно связан с особенностями распределения барических центров, которые располагаются вокруг района.

В рассматриваемом районе в течение всего года преобладают ветры южного, юго-западного и западного направлений. Повторяемость этих направлений обычно превышает 50%. При этом очень часто они отмечаются в холодный период года. В месяцы лета повторяемость ветров юго-западной четверти уменьшается, северной – увеличивается. В холодный период, из-за того, что области высокого и низкого расположены близко, возникают большие горизонтальные градиенты давления.

Под влиянием орографии искажается преобладающее направление ветра. Так, дующие вдоль долин ветры, преобладают в долинах рек. Еще в большей степени, чем направление, от местных условий зависит скорость ветра. Самые маленькие скорости ветра наблюдаются в районах, где лес оказывает свое влияние; по мере приближения к большим водоемам скорость ветра становится больше, и самые крупные ее величины отмечаются на прибрежных и озерных станциях.

На октябрь-декабрь приходятся максимальные скорости ветра (3-5 м/сек, а на озерах до 8.9 м/сек). А в июле-августе наблюдаются наименьшие скорости (2-4 м/сек и до 5.0 м/сек – над большими водоемами).

В большей части района преобладают ветры со скоростью от 0.3-4 м/сек. Годовая скорость ветра повышается до 5-6 на открытых побережьях; на островах Финского залива – превышает 6 м/сек.

## 2.1 Многолетнее распределение метеорологических характеристик

Для оценки изменения климата территории, были взяты данные по осадкам и температуре воздуха г. Санкт-Петербург.

На основе метеорологических данных по осадкам (см. приложение А, таблица А.2) были построены многолетние зависимости зимних сумм осадков от времени за 1966 - 2014, 1966 - 1976, 1977 - 2014 гг. (см. рисунки 2.1 – 2.3).

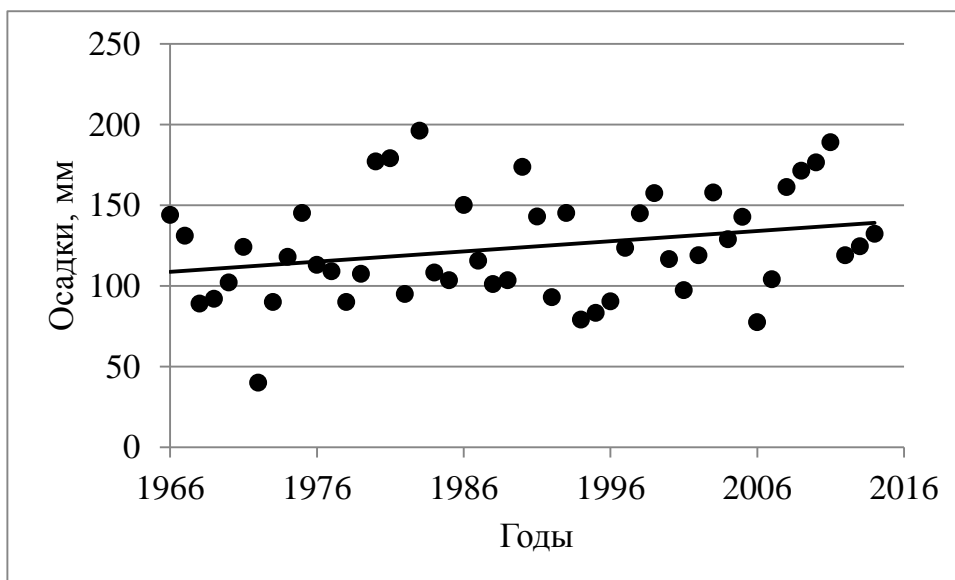


Рисунок 2.1 – График зависимости зимних сумм осадков от времени в г. Санкт-Петербург 1966 –2014гг.

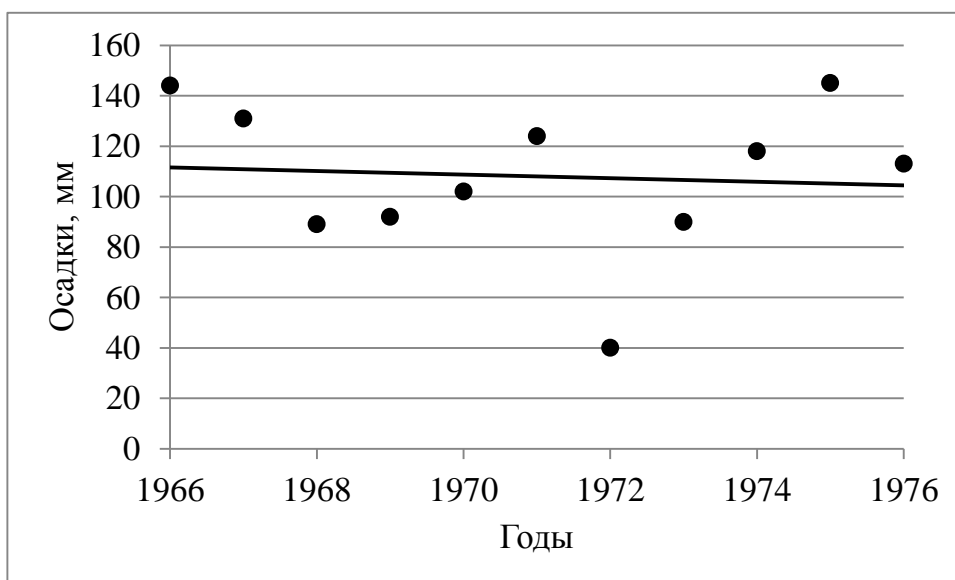


Рисунок 2.2 – График зависимости зимних сумм осадков от времени в г. Санкт-Петербург 1966 –1976гг.

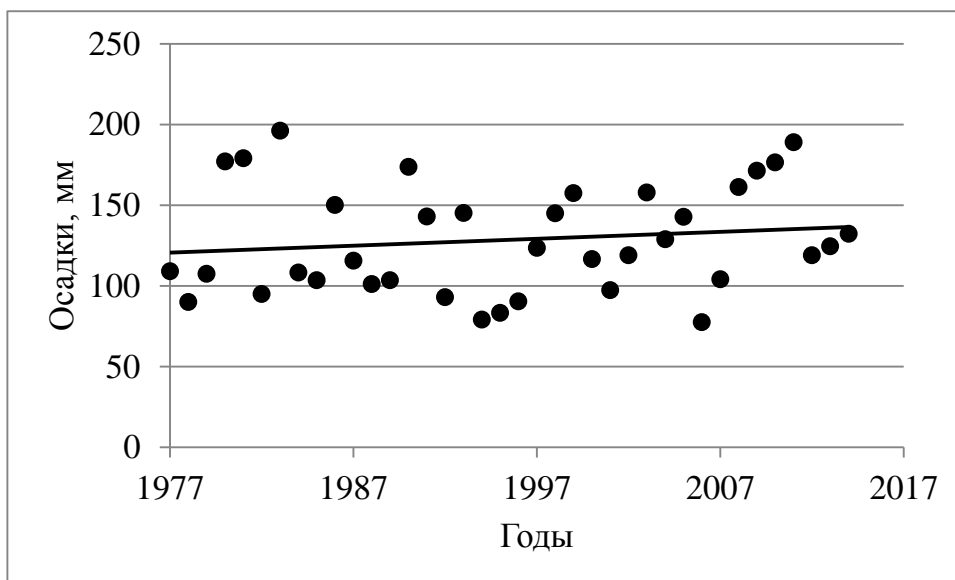


Рисунок 2.3 – График зависимости зимних сумм осадков от времени в г. Санкт-Петербург 1977 –2014гг.

Также, на основе метеорологических данных по температуре воздуха (см. приложение А таблица А.1) были построены многолетние зависимости среднегодовой температуры воздуха от времени. за 1945 - 2014, 1945 - 1976, 1977 - 2014гг.(см. рисунки 2.4 – 2.6).

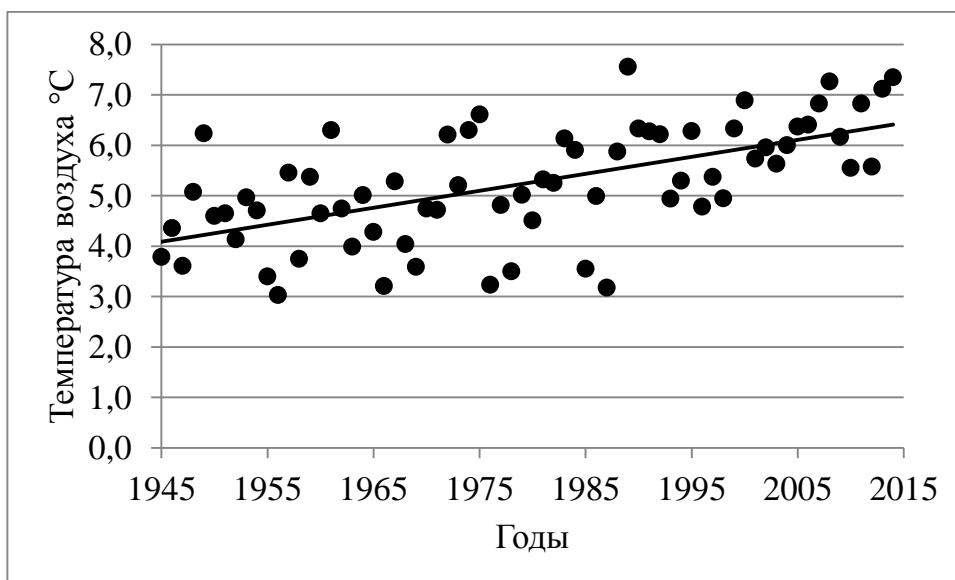


Рисунок 2.4 – График зависимости среднегодовых температур воздуха от времени в г. Санкт-Петербург 1945 – 2014гг.



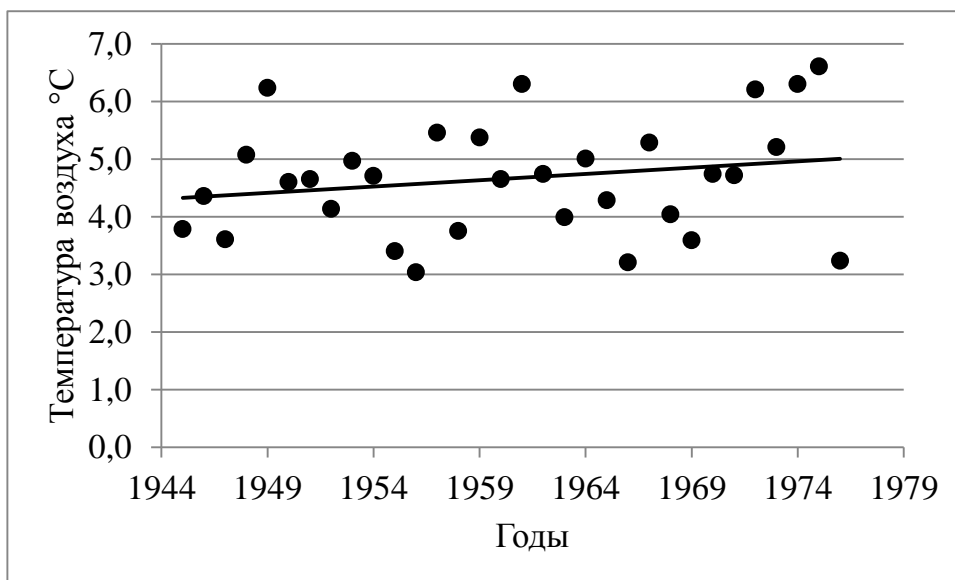


Рисунок 2.5 – График зависимости среднегодовых температур воздуха от времени в г. Санкт-Петербург 1945 –1976гг.

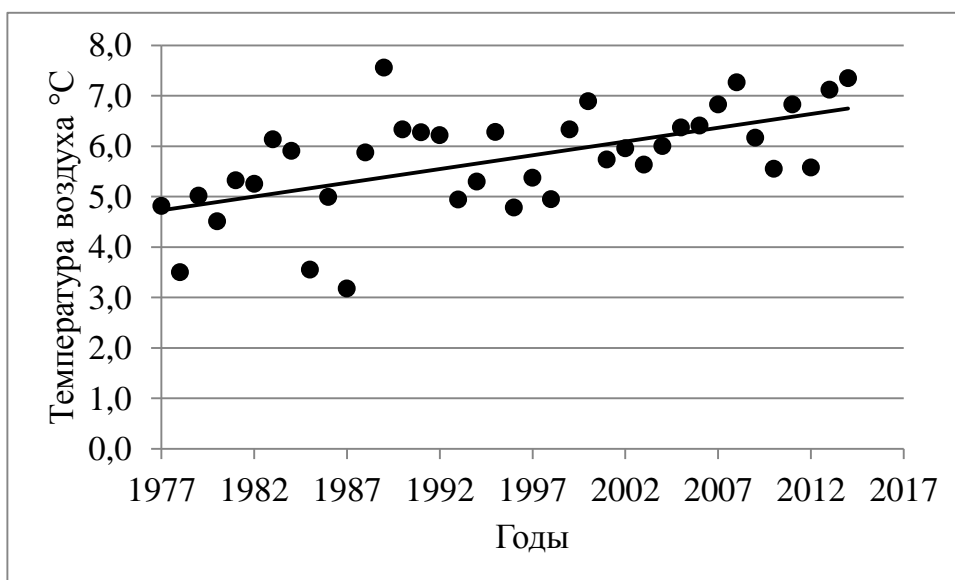


Рисунок 2.6 – График зависимости среднегодовых температур воздуха от времени в г. Санкт-Петербург 1977 –2014гг.

На графиках зависимости сумм зимних осадков от времени (см. рисунки 2.1 – 2.3) видно, что линия тренда до 1977 г. стремится вниз, а после 1988 г. стремится вверх. Общая же тенденция ряда наблюдений за зимними осадками 1966 – 2014 гг. стремится вверх.

На графиках зависимости среднегодовой температуры от времени (см. рисунки 2.4 – 2.6) наблюдается значительное увеличение среднемесячных температур за период 1945 – 2014 гг. Линия тренда до 1977 г. плавно стремится вверх, а линия тренда после 1977 г. стремится вверх более резко, чем в период 1945 – 1976 гг.

Из вышенаписанного следует, что количество осадков и средняя среднегодовые температуры в период 1945 – 2014 гг. выросли.

### 3 ГОДОВОЙ СТОК

Нормой годового стока называется среднее значение стока за многолетний период, включающий, при неизменных физико-географических и климатических условиях и одинаковом уровне хозяйственной деятельности в бассейне реки, пару полных циклов колебаний водности реки.

Говоря другими словами, если условия формирования стока на водосборе остаются неизменными, то под нормой стока понимается среднее значение стока за многолетний период такой продолжительности, при увеличении которой полученное значение практически не меняется, т. е. находится в пределах допустимой погрешности. Значение нормы годового стока обычно выражают в виде среднего многолетнего расхода воды.

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q_i}{n} \quad (3.1)$$

где  $\bar{Q}$  – Средний многолетний расход, м<sup>3</sup>/с;  
 $Q_i$  – Расход воды за i-ый год, м<sup>3</sup>/с;  
 $n$  – Длина ряда;

Норма годового стока является устойчивой и основной характеристикой, которая определяет потенциальные водные ресурсы и общую водоносность рек данного района. Она служит гидрологическим эталоном, от которого отталкиваются при определении других характеристик стока.

#### 3.1 Предварительный анализ исходных данных

В качестве исходных данных взяты среднегодовые расходы воды р. Тигода – ст. Любань (см. приложение Б таблица Б.2)

Описание поста: Пост находится на северо-восточной окраине свх. Любань.

Прилегающая местность – равнина, сложенная глинистыми и суглинистыми грунтами с примесью песка, поросшая мелким лесом и кустарником, занятая сельскохозяйственными угодьями. Долина выражена слабо, с правобережной распаханной поймой, шириной 100 – 200 м, затопляемой при уровне 410 см над нулем поста. Русло слабоизвилистое, песчаное с примесью валунов, значительно зарастающее, с крутыми, правым низким, левым – высоким берегами. В отдельные годы наблюдаются небольшие зажоры.

В 4 км ниже поста 11.06 1970 г. построена водозаборная плотина, создающая подпор на посту. С 1966 г. в 1 км выше поста производится сброс теплой воды из бани, оказывающий влияние на ледово-термический режим.

Пост расположен на левом берегу в 320 м ниже моста и состоит из свай, реперов и установки берегового типа для самописца уровня воды. Самописец уровня воды «Валдай» установлен в 35 м ниже поста в будке над бетонным колодцем диаметром 1,0 м, глубиной 6,0 м, соединенным с рекой трубой длиной 17 м, диаметром 0,10 м. Высота БС реперам поста передана нивелировкой ГМС 4 кл. 1953 и 1954 гг.

Отметка нуля поста 28,90 м БС. Гидроствор № 5 расположен в 42 м ниже поста, оборудован дистанционной гидрометрической установкой ГР-70. Толщина льда измеряется в 25 м ниже поста.

Для общей оценки изменения среднегодовых расходов были построены графики их зависимости от времени (см. рисунки 3.1 – 3.3).

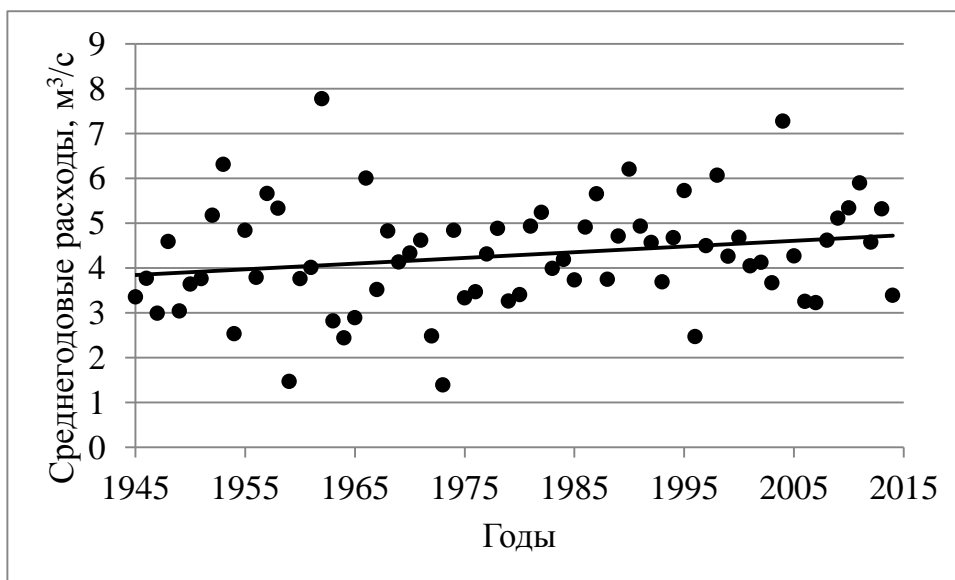


Рисунок 3.1 – График зависимости среднегодовых расходов от времени на р. Тигода – ст. Любань 1945 – 2014 гг.

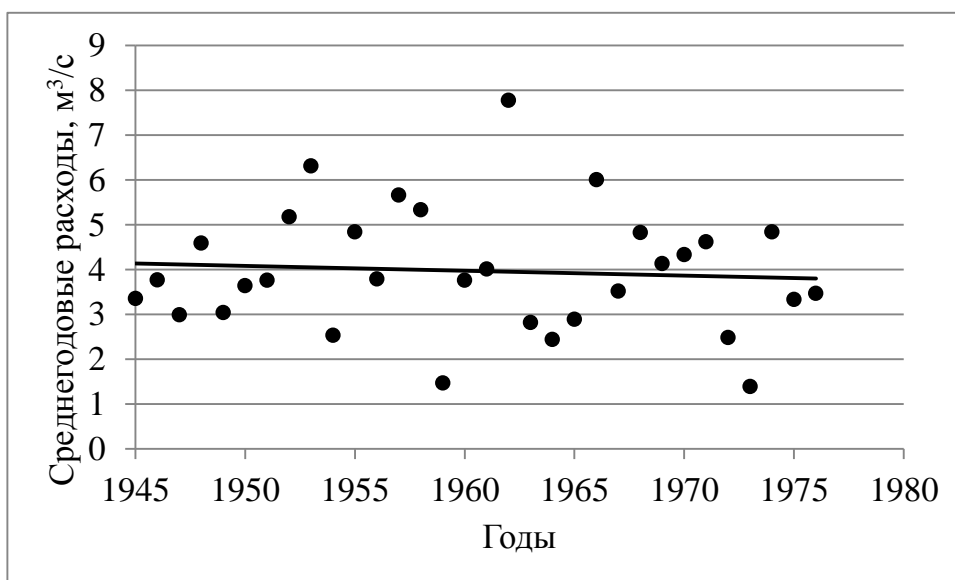


Рисунок 3.2 – График зависимости среднегодовых расходов от времени на р. Тигода – ст. Любань 1945 – 1976 гг.

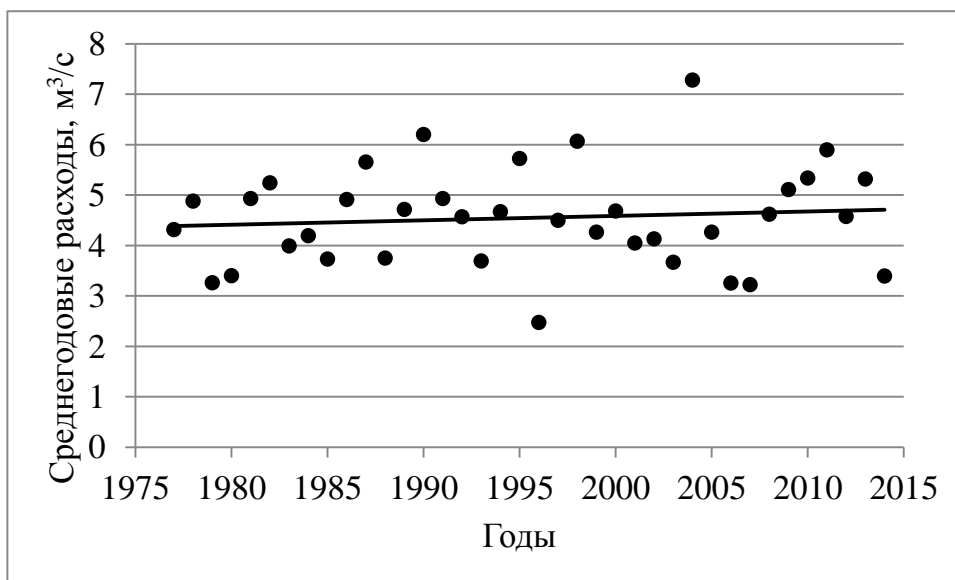


Рисунок 3.3 – График зависимости среднегодовых расходов от времени на р. Тигода – ст. Любань 1977 – 2014гг.

На графиках зависимости среднегодовых расходов воды (см. рисунки 3.1 – 3.3) видно, что линия тренда до 1977 г. стремится вниз, а после 1977 г. стремится вверх. Общая же тенденция ряда наблюдений за расходами 1945 – 2014 гг. стремится вверх.

В ходе исследования была выполнена проверка рядов на линейный тренд и оценена его значимость. Проверка осуществлялась на основе регрессионного анализа. Оценивание значимости линейной регрессии осуществлялась с помощью F-критерия, представляющего собой отношение среднего квадрата, обусловленного регрессией ( $\nu=1$ ), к среднему квадрату относительно регрессии ( $\nu=n-2$ ).

Регрессия считается значимой, если  $F^*$  больше теоретического значения статистики Фишера при принятом уровне значимости.

Анализ показал, что наблюдаемые тренды статистически незначимы.

Чтобы производить расчёты данные нужно проверить на однородность. В данной работе были использованы критерии Стьюдента и Фишера.

Распределение Стьюдента называют также  $t$ -распределением. Плотность вероятности этого распределения определяется по формуле 3.2

$$f_v(l) = c(v) \times \left[ 1 + \frac{l^2}{v} \right]^{\frac{-(v+1)}{2}} \quad (3.2)$$

где  $f_v(l)$  – Функция плотности вероятности;  
 $c(v)$  – Параметр, зависящий от числа степеней свободы;  
 $l$  – Плотность вероятности;  
 $v$  – Число степеней свободы;

Распределение Фишера также называется  $F$ -распределение. Его плотность вероятности рассчитывается по формуле 3.3

$$f(F) = \left\{ \frac{c_1(v_1, v_2) \times F^{\frac{v_1-2}{2}}}{\left( 1 + \frac{v_1}{v_2} \times F \right)^{\frac{v_1+v_2}{2}}} \right\} \quad (3.3)$$

где  $f(F)$  – Функция плотности вероятности;  
 $c_1(v_1, v_2)$  – Параметр, зависящий от числа степеней свободы;  
 $F$  – Плотность вероятности;  
 $v_1, v_2$  – Число степеней свободы;

Ряд среднегодовых расходов воды были проверены на однородность по критериям Фишера и Стьюдента при уровне значимости  $2\alpha = 5\%$ . Данные о фактических и критических значениях занесены в таблицу 3.1

Таблица 3.1 – Фактические и критические значения среднегодовых расходов воды

	Критерий однородности	Значение	Годы		
			1945-2014	1945-1976	1977-2014
Среднегодовые расходы воды	Фишер	Критическое	1,98	2,79	2,65
		Фактическое	1,79	1,60	1,88
	Стьюдент	Критическое	1,96	2,03	2,03
		Фактическое	1,99	0,11	0,14

Гипотеза об однородности ряда по критериям Фишера и Стьюдента при уровне значимости  $2\alpha = 5\%$  не опровергается. Значит, ряд однородный.

После проверки на однородность строятся эмпирические и аналитические кривые.

Эмпирические кривые распределения ежегодных вероятностей превышения строятся на клетчатках вероятностей.

Эмпирическая ежегодная вероятность превышения гидрологических характеристик определяется по формуле (3.4)

$$P_m = \frac{m}{n + 1} \times 100\% \quad (3.4)$$

где  $P_m$  – Ежегодная вероятность превышения;  
 $m$  – Порядковый номер членов ряда гидрологической характеристики;  
 $n$  – Длина ряда;

Эмпирические кривые распределения ежегодных вероятностей превышения строятся на клетчатках вероятностей. Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения ежегодных вероятностей превышения (кривых обеспеченностей), как правило, применяется трехпараметрическое распределение Крицкого-Менкеля, оно и будет использовано в работе.



Оценки параметров аналитических кривых распределения: среднее многолетнее значение, коэффициент вариации и отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации, устанавливаются по рядам наблюдений за рассматриваемой гидрологической характеристикой методом приближенно наибольшего правдоподобия, методом моментов, а также графоаналитическим методом на начальных стадиях проектирования (метод квантилей) и по совокупности методов с учетом региональных зависимостей характеристик и параметров стока от основных стокоформирующих факторов. В данной работе будет использован метод моментов.

Метод моментов основан на использовании моментов эмпирического распределения, которые являются состоятельными оценками соответствующих теоретических моментов.

Параметры аналитических кривых распределения и их погрешности были рассчитаны по формулам(3.5 – 3.8)

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(k_i - 1)^2}{n - 1}} \quad (3.5)$$

где  $C_v$  – Коэффициент вариации;  
 $k_i$  – Модульный коэффициент;  
 $n$  – Длина ряда;

$$C_s = \frac{n \times \sum(k_i - 1)^3}{(n - 1) \times (n - 2) \times C_v^3} \quad (3.6)$$

где  $C_s$  – Коэффициент асимметрии;  
 $k_i$  – Модульный коэффициент;  
 $C_v$  – Коэффициент вариации;  
 $n$  – Длина ряда;

$$E_{\bar{Q}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \times 100\% \quad (3.5)$$

где  $E_{\bar{Q}}$  – Абсолютная погрешность среднего многолетнего расхода;  
 $C_v$  – Коэффициент вариации;  
 $n$  – Длина ряда;

$$E_{C_v} = \frac{1}{n + 4 \times C_v^2} \times \sqrt{\frac{n \times (1 + C_v^2)}{2}} \times 100\% \quad (3.7)$$

где  $E_{C_v}$  – Абсолютная погрешность коэффициента вариации;  
 $C_v$  – Коэффициент вариации;  
 $n$  – Длина ряда;

$$E_{C_s} = \frac{1}{C_s} \times \sqrt{\frac{6}{n} \times (1 + 6 \times C_v^2 + 5 \times C_v^4)} \times 100\% \quad (3.8)$$

где  $E_{C_s}$  – Абсолютная погрешность коэффициента асимметрии;  
 $C_s$  – Коэффициент асимметрии;  
 $C_v$  – Коэффициент вариации;  
 $n$  – Длина ряда;

Полученные данные занесены в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – Параметры аналитических кривых и их погрешности.

	Годы	$C_v$	$C_s$	$Q_{cp}$	$n$	$m, \%$	$C_v, \%$	$C_s, \%$	$C_s/C_v$
Среднегодовые расходы воды	1945-2014	0,279	0,229	4,28	70	3,34	8,74	157	0,819
	1945-1976	0,336	0,517	3,97	33	5,85	12,8	109	1,54
	1977-2014	0,215	0,398	4,55	37	3,53	11,8	115	1,85

### 3.2 Построение эмпирических и аналитических кривых

Используя данные о параметрах аналитических кривых (см. таблицу 3.2), были рассчитаны ординаты эмпирических и аналитических кривых (см. таблицы 3.3 – 3.5) кривые были построены (см. приложение Б рисунки Б.1 – Б.3).

Если сравнить эмпирические и аналитические кривые за 1945 – 1976 гг. и 1977 – 2014 гг. можно заметить что кривая за 1945 – 1976 гг. дает более высокие значение в области больших вероятностей чем кривая за 1977 – 2014 гг. В областях средних и малых вероятностей значения не сильно разнятся (см. таблицы 3.3 – 3.4).

Таблица 3.3 – Ординаты эмпирических и аналитических кривых среднегодовых расходов воды за 1945 – 2014 гг.

Ординаты аналитической кривой			Ординаты эмпирической кривой					
$P, \%$	$K$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$
0,01	2,17	9,3	1	1,4	7,77	36	50,7	4,26
0,1	1,96	8,4	2	2,8	7,28	37	52,1	4,19
0,3	1,85	7,9	3	4,2	6,31	38	53,5	4,13
0,5	1,78	7,6	4	5,6	6,20	39	54,9	4,13
1	1,71	7,3	5	7,0	6,06	40	56,3	4,04
3	1,56	6,7	6	8,5	6,00	41	57,7	4,01
5	1,48	6,4	7	9,9	5,90	42	59,2	3,99
10	1,37	5,9	8	11,3	5,72	43	60,6	3,79
20	1,23	5,3	9	12,7	5,66	44	62,0	3,77
25	1,19	5,1	10	14,1	5,65	45	63,4	3,76
30	1,14	4,9	11	15,5	5,34	46	64,8	3,76
40	1,06	4,5	12	16,9	5,33	47	66,2	3,75
50	0,987	4,2	13	18,3	5,32	48	67,6	3,73
60	0,916	3,9	14	19,7	5,24	49	69,0	3,69
70	0,842	3,6	15	21,1	5,17	50	70,4	3,67
75	0,802	3,4	16	22,5	5,11	51	71,8	3,64
80	0,758	3,2	17	23,9	4,93	52	73,2	3,52
90	0,648	2,8	18	25,4	4,93	53	74,6	3,47
95	0,563	2,4	19	26,8	4,91	54	76,1	3,40
97	0,511	2,2	20	28,2	4,88	55	77,5	3,39
99	0,420	1,8	21	29,6	4,84	56	78,9	3,35
99,5	0,374	1,6	22	31,0	4,84	57	80,3	3,33
99,7	0,343	1,5	23	32,4	4,82	58	81,7	3,26
99,9	0,288	1,2	24	33,8	4,71	59	83,1	3,25
			25	35,2	4,68	60	84,5	3,22
			26	36,6	4,67	61	85,9	3,04
			27	38,0	4,62	62	87,3	2,99
			28	39,4	4,62	63	88,7	2,89
			29	40,8	4,59	64	90,1	2,82
			30	42,3	4,57	65	91,5	2,53
			31	43,7	4,57	66	93,0	2,48
			32	45,1	4,50	67	94,4	2,47
			33	46,5	4,33	68	95,8	2,44
			34	47,9	4,31	69	97,2	1,47
			35	49,3	4,27	70	98,6	1,39

Таблица 3.4 – Ординаты эмпирических и аналитических кривых среднегодовых расходов воды за 1945 – 1976 гг.

Ординаты аналитической кривой			Ординаты эмпирической кривой		
$P, \%$	$K$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$
0,01	2,74	10,9	1	3,0	7,77
0,1	2,41	9,6	2	6,1	6,31
0,3	2,23	8,9	3	9,1	6,00
0,5	2,14	8,5	4	12,1	5,66
1	2,00	7,9	5	15,2	5,33
3	1,78	7,1	6	18,2	5,17
5	1,66	6,6	7	21,2	4,84
10	1,50	6,0	8	24,2	4,84
20	1,30	5,2	9	27,3	4,82
25	1,23	4,9	10	30,3	4,62
30	1,17	4,6	11	33,3	4,59
40	1,06	4,2	12	36,4	4,33
50	0,964	3,8	13	39,4	4,13
60	0,873	3,5	14	42,4	4,01
70	0,780	3,1	15	45,5	3,79
75	0,731	2,9	16	48,5	3,77
80	0,679	2,7	17	51,5	3,76
90	0,552	2,2	18	54,5	3,76
95	0,458	1,8	19	57,6	3,64
97	0,404	1,6	20	60,6	3,52
99	0,311	1,2	21	63,6	3,47
99,5	0,266	1,1	22	66,7	3,35
99,7	0,245	1,0	23	69,7	3,33
99,9	0,192	0,8	24	72,7	3,04
			25	75,8	2,99
			26	78,8	2,89
			27	81,8	2,82
			28	84,8	2,53
			29	87,9	2,48
			30	90,9	2,44
			31	93,9	1,47
			32	97,0	1,39

Таблица 3.5 – Ординаты эмпирических и аналитических кривых среднегодовых расходов воды за 1977 – 2014 гг.

Ординаты аналитической кривой			Ординаты эмпирической кривой					
$P, \%$	$K$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$
0,01	2,04	8,1	1	2,6	7,28	25	64,1	4,19
0,1	1,82	7,2	2	5,1	6,20	26	66,7	4,13
0,3	1,72	6,8	3	7,7	6,06	27	69,2	4,04
0,5	1,66	6,6	4	10,3	5,90	28	71,8	3,99
1	1,58	6,3	5	12,8	5,72	29	74,4	3,75
3	1,46	5,8	6	15,4	5,65	30	76,9	3,73
5	1,39	5,5	7	17,9	5,34	31	79,5	3,69
10	1,29	5,1	8	20,5	5,32	32	82,1	3,67
20	1,18	4,7	9	23,1	5,24	33	84,6	3,40
25	1,14	4,5	10	25,6	5,11	34	87,2	3,39
30	1,10	4,4	11	28,2	4,93	35	89,7	3,26
40	1,04	4,1	12	30,8	4,93	36	92,3	3,25
50	0,983	3,9	13	33,3	4,91	37	94,9	3,22
60	0,930	3,7	14	35,9	4,88	38	97,4	2,47
70	0,873	3,5	15	38,5	4,71			
75	0,843	3,4	16	41,0	4,68			
80	0,813	3,2	17	43,6	4,67			
90	0,731	2,9	18	46,2	4,62			
95	0,670	2,7	19	48,7	4,57			
97	0,631	2,5	20	51,3	4,57			
99	0,562	2,2	21	53,8	4,50			
99,5	0,527	2,1	22	56,4	4,31			
99,7	0,504	2,0	23	59,0	4,27			
99,9	0,457	1,8	24	61,5	4,26			

### 3.3 Построение разностно интегральных кривых

Разностные интегральные кривые среднегодовых расходов используются для выделения периодов пониженной и повышенной водности.

Разностная интегральная кривая учитывает колебания стока за отдельные относительно короткие промежутки времени. ее ординаты вычисляются как  $\Sigma(K-1)$ , т.е. она строится путем суммирования отклонений модульных коэффициентов от середины. На конец каждого  $i$ -го года ординаты дают сумму отклонения годовых модульных коэффициентов  $K$  от среднего многолетнего значения ( $K=1$ ), и она нарастает.

Для сопоставления многолетних колебаний стока разных рек, производится исключения влияния временной изменчивости стока, которую показывают коэффициент вариации ряда наблюдений ( $C_v$ ), т.е.  $\Sigma(K-1)/C_v$ .

На рисунках 3.4 – 3.6 , построенных по данным таблиц разностных интегральных кривых (приложение Б таблицы Б.3 – Б.5) представлены разностные интегральные кривые по р. Тигода ст. Любань. Как видно из рисунков тенденция меняется относительно среднего значения с повышением и понижением значений.

В интервалах синоптической и межгодовой изменчивости случайную функцию предполагают стационарной, т.е. считают ее не зависящей от времени. Это предположение позволяет упрощает анализ натурных данных, а результаты анализа считают стационарными приближенными к исследуемому процессу.

На разностно-интегральной кривой за 1945 – 2014 гг. (см. рисунок 3.4) ясно видно, что года до 1977 в общей тенденции маловодные, а года после 1977 – 2014 гг. в основном многоводные.

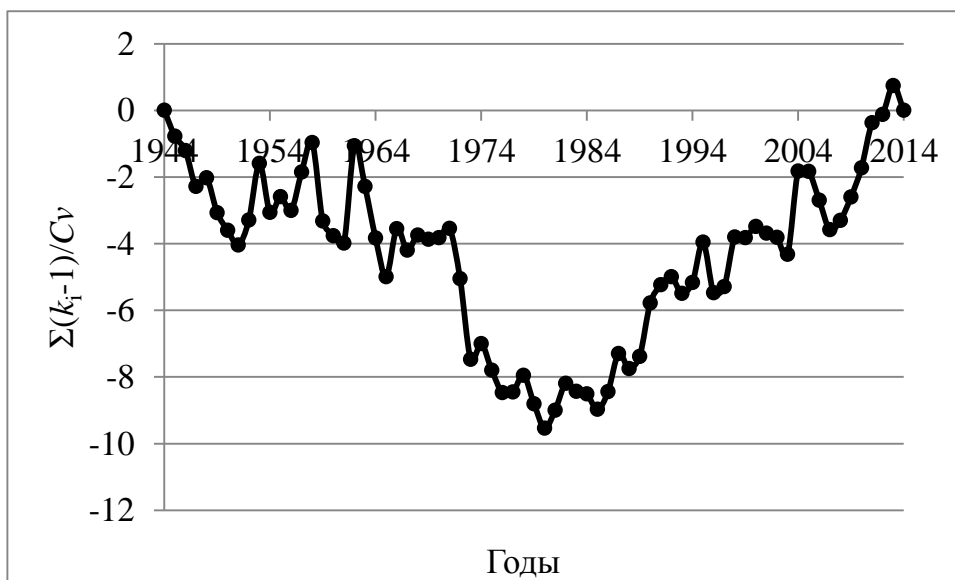


Рисунок 3.4 – Разностно интегральная кривая р. Тигода – ст. Любань за 1945 – 2014 гг.

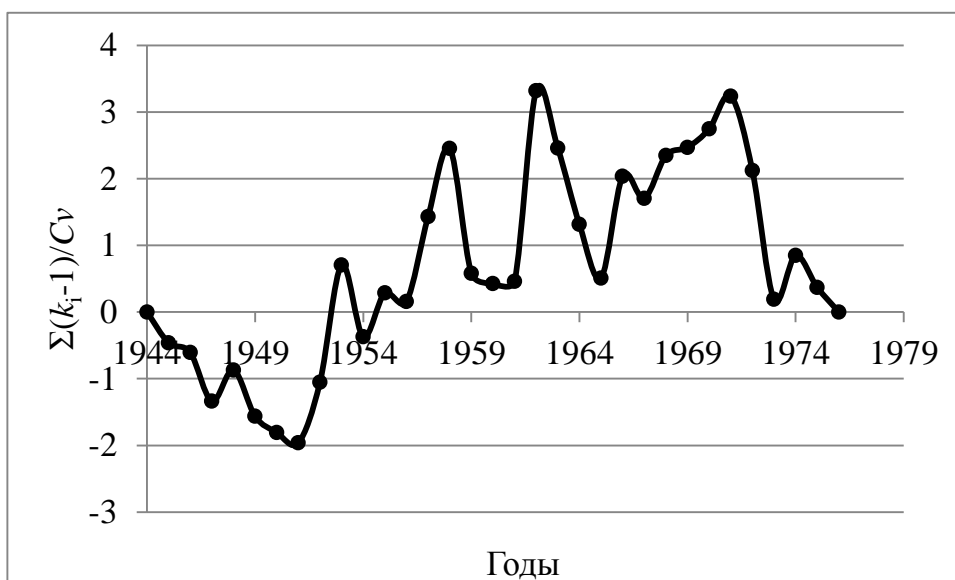


Рисунок 3.5 – Разностно интегральная кривая р. Тигода – ст. Любань за 1945 – 1976 гг.



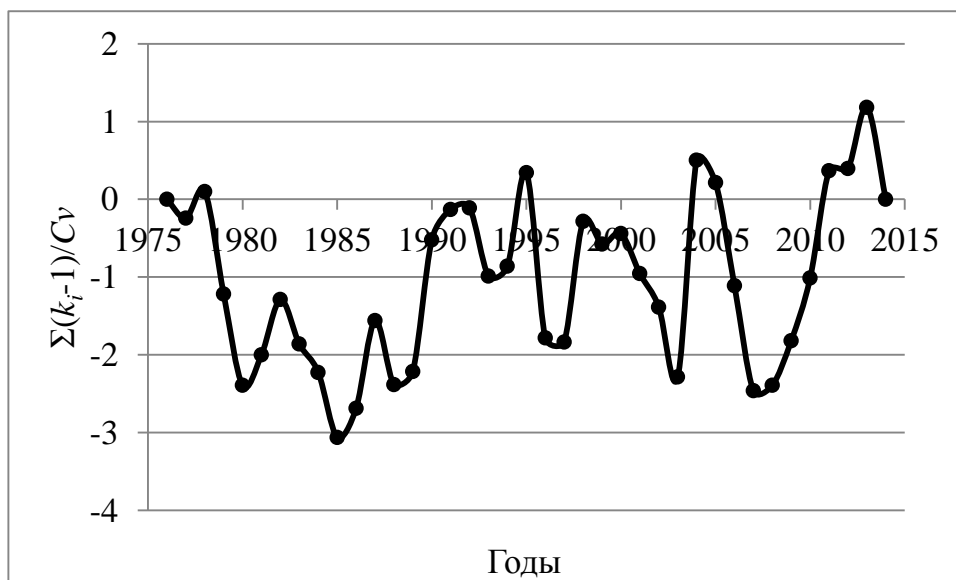


Рисунок 3.6 – Разностно интегральная кривая р. Тигода – ст. Любань за 1977–2014гг.

### 3.4 Квантильный анализ

Многолетняя изменчивость стока рек обычно анализируется по рядам среднегодовых и экстремальных расходов и характеризуется наличием маловодных и многоводных лет. Среднегодовые расходы используются для характеристики нормы стока и изменчивости годового стока. Обычно считают, что для получения достаточно надежного значения нормы стока нужно брать такой период наблюдений, в который входило равное количество многоводных и маловодных рек. Экстремальные расходы используются для определения минимального стока и максимального стока весеннего половодья, дождевых паводков. В этой работе для анализа многолетней изменчивости используются данные среднегодовых значений.

Каждый временной ряд рассматривается как реализация случайного процесса  $x(t)$ , за основную вероятностную характеристику которого принимается функция распределения  $F(x_p)$  и ее квантили  $x_p$ . Наибольший интерес представляют пять квантилей  $x_{min}$ ,  $x_{0.25}$ ,  $x_{0.5}$ ,  $x_{0.75}$ ,  $x_{max}$ .

В данной работе применяется квантильный анализ многолетней изменчивости природных процессов р. Тигоды. В этом случае для характеристики функции распределения  $F(x)$  используется набор из 5 квантилей:  $x_{min}$ ,  $x_{0.25}$ ,  $x_{0.5}$ ,  $x_{0.75}$ ,  $x_{max}$  и производные от них величины.

Алгоритмы оценивания перечисленных характеристик следующие:

$x_{min}$ ,  $x_{max}$  - крайние члены ранжированного (выстроенного в порядке возрастания) ряда;  $x_{0.5}$  - медиана, которая при неизвестном законе распределения вычисляется по формулам:

При четной длине ряда используется формула 3.9

$$x_{0.5} = 0.5 \times (x_{\frac{ni}{2}} + x_{\frac{ni}{2}+1}) \quad (3.9)$$

Где  $x_{0.5}$  - Медиана ранжированного ряда;  
 $ni$  - Порядковый номер;  
 $x_{ni}$  - Расход воды n-го ряда, м<sup>3</sup>/с;

При нечетной длине ряда используется формула 3.10

$$x_{0.5} = \frac{x_{n+1}}{2} \quad (3.10)$$

где  $x_{0.5}$  - Медиана ранжированного ряда;  
 $ni$  - Порядковый номер;  
 $x_{ni}$  - Расход воды n-го ряда, м<sup>3</sup>/с;

$x_{0.25}$ ,  $x_{0.75}$  - медианы соответствующих половин ранжированного ряда рассчитывающиеся по аналогичным формулам.

сильному влиянию выборочной изменчивости подвержены крайние члены  $Q_{min}$ ,  $Q_{max}$ , и их анализ требует осторожности, поскольку они подвержены сильному влиянию выборочной изменчивости, обусловленной ошибками измерения исходных величин. Значительной большей устойчивостью обладает размах, характеризующий ширину выборочного распределения данных, и рассчитывается по формуле 3.11

$$R = x_{max} - x_{min} \quad (3.11)$$

где  $R$  – Разброс значений;  
 $x_{max}$  – Максимальное значение ряда;  
 $x_{min}$  – Минимальное значение ряда;  
Медиана  $x_{0.5}$  являясь средним членом ранжированного ряда характеризует центр распределения данных. Набор квантилей  $x_{0.25}$ ,  $x_{0.5}$ ,  $x_{0.75}$  фиксирует «норму» изменчивости анализируемого параметра,  $x_{0.25}$  – нижний, а  $x_{0.75}$  – верхний её пределы.

Величина  $S$ , которая носит название интерквартильное расстояние, служит мерой разброса выборки в пределах нормы стока и рассчитывается по формуле 3.12

$$S = x_{0.75} - x_{0.25} \quad (3.12)$$

где  $S$  – Интерквартильное расстояние;  
 $x_{0.75}$  – Медиана половины ранжированного ряда (верхняя квартиль);  
 $x_{0.25}$  – Медиана половины ранжированного ряда (нижняя квартиль);

Значения анализируемого параметра, выходящие за квантили  $x_{0.25}$ ,  $x_{0.75}$  можно рассматривать как особые значения, которые выходят за верхний и нижний внутренние барьеры, и вычислять по формулам 3.13 и 3.14

$$x_B = x_{0.75} + 1.5 \times S \quad (3.13)$$

где  $x_B$  – Верхний барьер;  
 $x_{0.75}$  – Медиана половины ранжированного ряда (верхняя квартиль);  
 $S$  – Интерквартильное расстояние;

$$x_n = x_{0,25} - 1.5 \times S \quad (3.14)$$

где  $x_n$  – Нижний барьер;  
 $x_{0,25}$  – Медиана половины ранжированного ряда (нижняя квартиль);  
 $S$  – Интерквартильное расстояние;

Значения экстремальные, если они выходят за эти границы.

В качестве оценки центра распределения данных в выборке рассматривают математическое ожидание  $m$  и трехзвенное среднее значение  $T^*$ , а в качестве оценок масштаба распределения значение дисперсии  $D$  или стандартное отклонение  $\sigma$ . Трехзвенное среднее значение вычисляется по формуле (3.15).

$$T^* = 0.25 \times (x_{0,25} + 2 \times x_{0,5} + x_{0,75}) \quad (3.15)$$

где  $T^*$  – Трехзвенное значение;  
 $x_{0,25}$  – Медиана половины ранжированного ряда (нижняя квартиль);  
 $x_{0,5}$  – Медиана ранжированного ряда;  
 $x_{0,75}$  – Медиана половины ранжированного ряда (верхняя квартиль);

В качестве другой характеристики асимметрии полезно использовать асимметричность, которую можно вычислить по формуле 3.16

$$A_S^* = \frac{(x_{0.75} - x_{0.5}) - (x_{0.5} - x_{0.25})}{2 \times S} \quad (3.16)$$

- где
- $A_S^*$  – Асимметричность;
  - $x_{0.75}$  – Медиана половины ранжированного ряда (верхняя квартиль);
  - $x_{0.5}$  – Медиана ранжированного ряда;
  - $x_{0.25}$  – Медиана половины ранжированного ряда (нижняя квартиль);
  - $S$  – Интерквартильное расстояние;

Сведения о многоводных и маловодных годах на р. Тигода приведены в таблице 3.7

Таблица 3.6 – Статистические характеристики межгодовой изменчивости на р. Тигода – ст. Любань

Статистические характеристики	Значение
$Q_{min}$	1,39
$Q_{max}$	7,77
$Q_{0,75}$	4,93
$Q_{0,5}$	4,26
$Q_{0,25}$	3,47
$R$	6,38
$S$	1,46
$Q_6$	7,12
$Q_n$	1,28
$T^*$	4,23
$AS^*$	-0,093

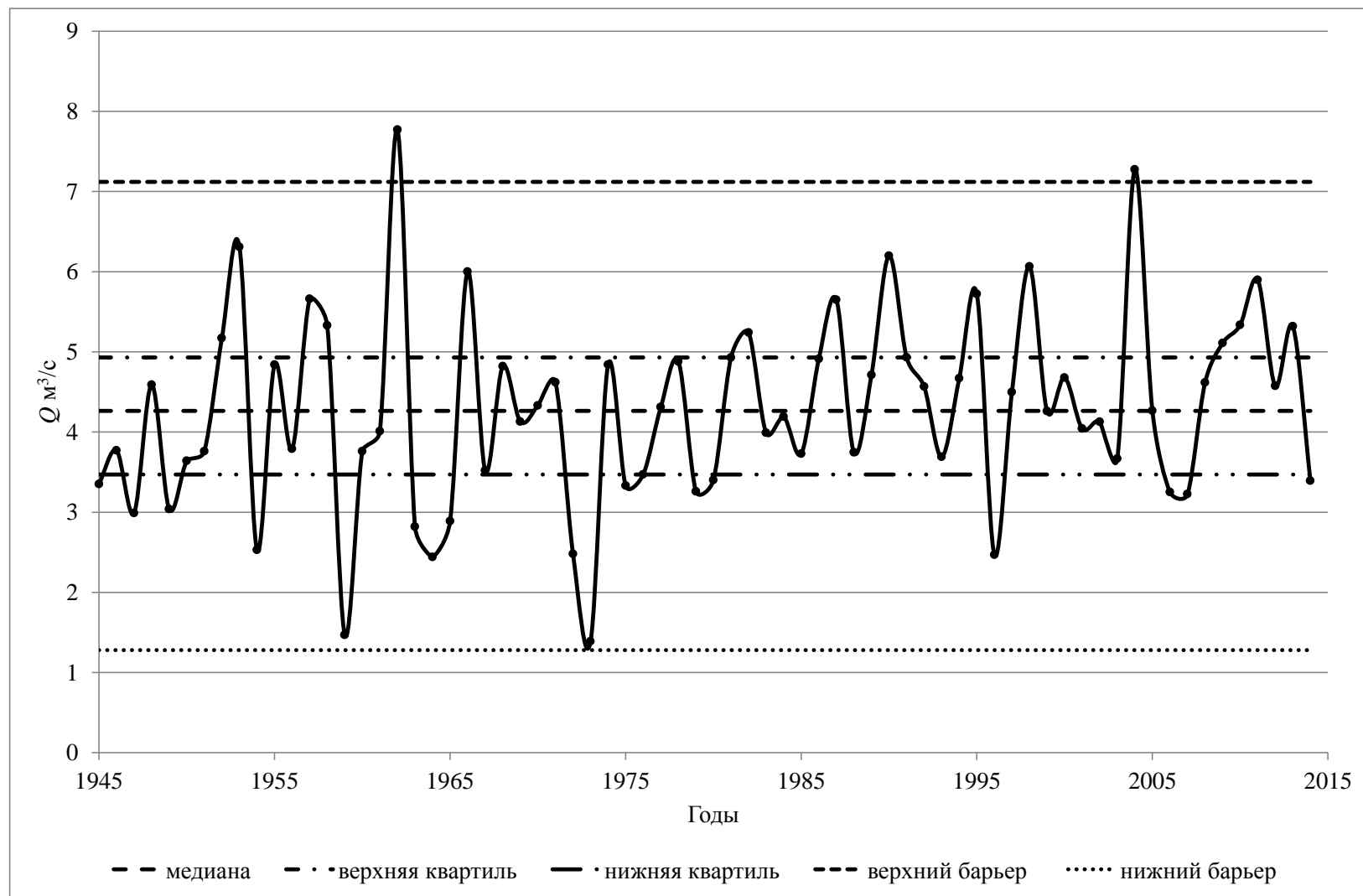


Рисунок 3.7 – Реализация среднегодовых расходов р. Тигода – ст. Любань за 1945 – 2014гг.

Таблица 3.7 – Сведения о маловодных и многоводных годах на р. Тигода – ст. Любань

Многоводные годы	Маловодные годы
$Q > 4,93$	$Q < 3,47$
1952, 1953, 1957, 1958, 1962, 1966, 1981, 1982, 1987, 1990, 1991, 1995, 1998, 2004, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013	1945, 1947, 1949, 1954, 1959, 1963, 1964, 1965, 1972, 1973, 1975, 1976, 1979, 1980, 1996, 2006, 2007, 2014
Экстремально многоводные годы	Экстремально маловодные годы
$Q > 7,12$	$Q < 1,28$
1962, 2004	--

Из таблице о многоводных и маловодных годах видно, что многоводные годы и маловодные годы наблюдались примерно одинаково. Экстремально многоводные годы наблюдались 2 раза, а экстремально маловодные ни разу.

#### 4 ЭКСТРЕМАЛЬНЫЙ СТОК

Определение расчетных минимальных и максимальных расходов воды при наличии данных гидрометеорологических наблюдений производится по эмпирическим кривым обеспеченности аппроксимируемым распределением Пирсона 3-его типа или трехпараметрическим распределением С.Н.Крицкого и М.Ф.Менкеля .

При неоднородности ряда наблюдений обычно применяют усеченные или составные кривые распределения ежегодных вероятностей превышения.

При значительных расхождениях аналитической кривой и фактических данных в нижней части – резкое отклонение одной–двух последних точек, обусловленное физическими причинами, применяют эмпирические кривые обеспеченности. Такие кривые имеют достаточно плавный вид в основной части и резкий изгиб в нижней. Обычно он приходится на зону обеспеченности в 90–97 %.

Для расчета минимальных расходов воды, используют минимальные среднесуточные, среднемесячные или 30– суточные (не календарные) расходы воды, наблюдавшиеся в зимний и (или) летне – осенний сезоны. Среднемесячные минимальные расходы используются, если они не превышают 30– суточные более чем на 10 %, иначе применяются расходы воды средние за 30 непрерывных суток с наименьшим стоком в рассматриваемом сезоне. При частых паводках и коротких межпаводочных периодах 30–суточный период допускается сокращать до 24 суток, чтобы максимально избежать включения паводковых вод в период минимального стока.

Для расчета максимальных расходов воды используют данные о максимальных мгновенных расходов воды, а при отсутствии – о срочных максимумах. На малых реках между этими величинами могут быть существенные различия, но чем больше река, тем эти различия меньше.



#### 4.1 Предварительный анализ исходных данных

В качестве исходных данных взяты максимальные и минимальные расходы воды р. Тигода – ст. Любань (см. приложение Б таблица Б.2)

Ряды данных максимальных и минимальных расходов воды были проверены на однородность по критериям Фишера и Стьюдента при уровне значимости  $2\alpha = 5\%$ . Данные о фактических и критических значениях занесены в таблицу 4.1

Таблица 4.1 – Фактические и критические значения среднегодовых расходов воды

	Критерий однородности	Значение	Годы		
			1945-2014	1945-1976	1977-2014
Максимальные расходы воды	Фишер	Критическое	1,98	2,84	2,65
		Фактическое	1,91	1,41	2,57
	Стьюдент	Критическое	1,99	2,03	2,03
		Фактическое	0,88	0,47	0,40
Минимальные расходы воды	Фишер	Критическое	1,99	2,73	2,65
		Фактическое	1,73	1,56	2,03
	Стьюдент	Критическое	1,89	2,01	2,03
		Фактическое	0,79	0,43	0,42

Гипотеза об однородности рядов по критериям Фишера и Стьюдента при уровне значимости  $2\alpha = 5\%$  для всех рядов не опровергается. Значит, все рассматриваемые нами ряды однородны.

Подобно ряду среднегодовых расходов воды, были рассчитаны параметры аналитических кривых и их погрешности (см. таблицу 4.2).

Таблица 4.2 – Параметры аналитических кривых и их погрешности.

	Годы	$C_v$	$C_s$	$Q_{cp}$	$N$	$m, \%$	$C_v, \%$	$C_s, \%$	$C_s/C_v$
Максимальные расходы воды	1945-2014	0,444	0,728	52,9	70	5,31	9,14	62	1,64
	1945-1976	0,491	0,646	55,6	33	8,54	13,3	109	1,32
	1977-2014	0,379	0,512	50,4	37	6,23	12,2	110	1,35
Минимальные расходы воды	1945-2014	0,703	1,62	0,678	70	8,40	10,0	41,1	2,31
	1945-1976	0,558	0,954	0,510	33	9,72	13,6	81,9	1,71
	1977-2014	0,672	1,23	0,827	37	11,0	13,4	70,9	1,84

#### 4.2 Построение эмпирических и аналитических кривых

Используя данные о параметрах аналитических кривых (см. таблицу 4.2), были рассчитаны ординаты эмпирических и аналитических кривых (см. таблицы 4.3 – 4.8) кривые были построены (см. приложение Б рисунок Б.4 – Б.9).

Если сравнить эмпирические и аналитические кривые максимальных расходов воды за 1945 – 1976 гг. с 1977 – 2014 гг. , то кривая за 1945 – 1976 гг. во всех областях вероятностей даст более высокие результаты, чем кривая за 1977 – 2014 гг. А эмпирические и аналитические кривые минимальных расходов воды дают другие результаты: в областях высоких и средних вероятностей кривая за 1977 – 2014 гг. дает более высокие результаты, чем кривая за 1945 – 1976 гг. , а в области малых вероятностей обе кривые дают примерно одинаковые результаты.

Таблица 4.3 – Ординаты эмпирических и аналитических кривых максимальных расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1945 – 2014 гг.

Ординаты аналитической кривой			Ординаты эмпирической кривой					
<i>P</i> ,%	<i>K</i>	<i>Q</i> ,м <sup>3</sup> /с	№	<i>P</i> ,%	<i>Q</i> ,м <sup>3</sup> /с	№	<i>P</i> ,%	<i>Q</i> ,м <sup>3</sup> /с
0,01	3,18	13,6	1	1,4	115,0	36	50,7	48,9
0,1	2,73	11,7	2	2,8	112,0	37	52,1	48,7
0,3	2,50	10,7	3	4,2	111,0	38	53,5	47,7
0,5	2,39	10,2	4	5,6	101,0	39	54,9	47,6
1	2,22	9,5	5	7,0	99,1	40	56,3	47,4
3	1,95	8,3	6	8,5	92,3	41	57,7	46,8
5	1,80	7,7	7	9,9	88,4	42	59,2	44,6
10	1,60	6,8	8	11,3	88,3	43	60,6	43,7
20	1,35	5,8	9	12,7	78,1	44	62,0	42,9
25	1,27	5,4	10	14,1	71,2	45	63,4	42,4
30	1,19	5,1	11	15,5	71,1	46	64,8	42,1
40	1,06	4,5	12	16,9	70,8	47	66,2	41,9
50	0,948	4,1	13	18,3	70,8	48	67,6	40,3
60	0,841	3,6	14	19,7	70,3	49	69,0	38,4
70	0,732	3,1	15	21,1	68,9	50	70,4	37,3
75	0,677	2,9	16	22,5	68,4	51	71,8	36,4
80	0,616	2,6	17	23,9	66,5	52	73,2	36,4
90	0,474	2,0	18	25,4	66,0	53	74,6	33,5
95	0,373	1,6	19	26,8	65,1	54	76,1	33,5
97	0,317	1,4	20	28,2	64,7	55	77,5	33,4
99	0,225	1,0	21	29,6	64,4	56	78,9	31,7
99,5	0,183	0,8	22	31,0	64,3	57	80,3	30,6
99,7	0,166	0,7	23	32,4	60,9	58	81,7	30,6
99,9	0,118	0,5	24	33,8	60,8	59	83,1	30,4
			25	35,2	59,8	60	84,5	29,1
			26	36,6	59,5	61	85,9	28
			27	38,0	59,1	62	87,3	27,1
			28	39,4	57,3	63	88,7	26,1
			29	40,8	56,1	64	90,1	25,8
			30	42,3	55,1	65	91,5	23,5
			31	43,7	53,4	66	93,0	23,3
			32	45,1	53,2	67	94,4	21,1
			33	46,5	51,1	68	95,8	20,1
			34	47,9	50,7	69	97,2	16,1
			35	49,3	49,2	70	98,6	9,24

Таблица 4.4 – Ординаты эмпирических и аналитических кривых максимальных расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1945 –1976гг.

Ординаты аналитической кривой			Ординаты эмпирической кривой		
$P, \%$	$K$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$
0,01	3,49	13,9	1	3,0	115,0
0,1	2,97	11,8	2	6,1	112,0
0,3	2,70	10,7	3	9,1	111,0
0,5	2,57	10,2	4	12,1	99,1
1	2,39	9,5	5	15,2	92,3
3	2,07	8,2	6	18,2	88,3
5	1,90	7,6	7	21,2	71,2
10	1,67	6,6	8	24,2	71,1
20	1,39	5,5	9	27,3	64,7
25	1,30	5,1	10	30,3	64,4
30	1,21	4,8	11	33,3	64,3
40	1,06	4,2	12	36,4	60,9
50	0,936	3,7	13	39,4	59,5
60	0,817	3,2	14	42,4	59,1
70	0,697	2,8	15	45,5	55,1
75	0,638	2,5	16	48,5	53,4
80	0,571	2,3	17	51,5	48,9
90	0,420	1,7	18	54,5	47,6
95	0,316	1,3	19	57,6	47,4
97	0,259	1,0	20	60,6	46,8
99	0,171	0,7	21	63,6	44,6
99,5	0,132	0,5	22	66,7	41,9
99,7	0,118	0,5	23	69,7	40,3
99,9	0,075	0,3	24	72,7	33,5
			25	75,8	33,5
			26	78,8	31,7
			27	81,8	30,6
			28	84,8	27,1
			29	87,9	23,5
			30	90,9	21,1
			31	93,9	16,1
			32	97,0	9,24

Таблица 4.5 – Ординаты эмпирических и аналитических кривых максимальных расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1977 – 2014гг.

Ординаты аналитической кривой			Ординаты эмпирической кривой					
$P, \%$	$K$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$
0,01	2,80	12,0	1	2,6	101	25	64,1	42,1
0,1	2,45	10,5	2	5,1	88,4	26	66,7	38,4
0,3	2,27	9,7	3	7,7	78,1	27	69,2	37,3
0,5	2,17	9,3	4	10,3	70,8	28	71,8	36,4
1	2,03	8,7	5	12,8	70,8	29	74,4	36,4
3	1,80	7,7	6	15,4	70,3	30	76,9	33,4
5	1,68	7,2	7	17,9	68,9	31	79,5	30,6
10	1,51	6,5	8	20,5	68,4	32	82,1	30,4
20	1,31	5,6	9	23,1	66,5	33	84,6	29,1
25	1,24	5,3	10	25,6	66,0	34	87,2	28
30	1,17	5,0	11	28,2	65,1	35	89,7	26,1
40	1,06	4,5	12	30,8	60,8	36	92,3	25,8
50	0,962	4,1	13	33,3	59,8	37	94,9	23,3
60	0,869	3,7	14	35,9	57,3	38	97,4	20,1
70	0,773	3,3	15	38,5	56,1			
75	0,723	3,1	16	41,0	53,2			
80	0,670	2,9	17	43,6	51,1			
90	0,541	2,3	18	46,2	50,7			
95	0,445	1,9	19	48,7	49,2			
97	0,390	1,7	20	51,3	48,7			
99	0,296	1,3	21	53,8	47,7			
99,5	0,252	1,1	22	56,4	43,7			
99,7	0,231	1,0	23	59,0	42,9			
99,9	0,178	0,8	24	61,5	42,4			

Таблица 4.6 – Ординаты эмпирических и аналитических кривых минимальных расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1945 – 2014 гг.

Ординаты аналитической кривой			Ординаты эмпирической кривой					
$P, \%$	$K$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$
0,01	6,76	28,9	1	1,4	2,36	36	50,7	0,550
0,1	5,04	21,6	2	2,8	2,32	37	52,1	0,500
0,3	4,26	18,2	3	4,2	1,79	38	53,5	0,500
0,5	3,90	16,7	4	5,6	1,78	39	54,9	0,480
1	3,42	14,6	5	7,0	1,56	40	56,3	0,460
3	2,69	11,5	6	8,5	1,56	41	57,7	0,460
5	2,35	10,1	7	9,9	1,24	42	59,2	0,450
10	1,90	8,1	8	11,3	1,19	43	60,6	0,440
20	1,45	6,2	9	12,7	1,13	44	62,0	0,430
25	1,31	5,6	10	14,1	1,03	45	63,4	0,430
30	1,18	5,1	11	15,5	1,01	46	64,8	0,430
40	0,989	4,2	12	16,9	0,99	47	66,2	0,430
50	0,830	3,6	13	18,3	0,96	48	67,6	0,410
60	0,692	3,0	14	19,7	0,940	49	69,0	0,400
70	0,567	2,4	15	21,1	0,930	50	70,4	0,380
75	0,505	2,2	16	22,5	0,930	51	71,8	0,380
80	0,444	1,9	17	23,9	0,910	52	73,2	0,380
90	0,310	1,3	18	25,4	0,900	53	74,6	0,370
95	0,227	1,0	19	26,8	0,880	54	76,1	0,350
97	0,184	0,8	20	28,2	0,880	55	77,5	0,350
99	0,120	0,5	21	29,6	0,870	56	78,9	0,310
99,5	0,094	0,4	22	31,0	0,860	57	80,3	0,300
99,7	0,078	0,3	23	32,4	0,790	58	81,7	0,300
99,9	0,055	0,2	24	33,8	0,750	59	83,1	0,300
			25	35,2	0,740	60	84,5	0,260
			26	36,6	0,730	61	85,9	0,250
			27	38,0	0,710	62	87,3	0,250
			28	39,4	0,690	63	88,7	0,220
			29	40,8	0,640	64	90,1	0,220
			30	42,3	0,630	65	91,5	0,210
			31	43,7	0,620	66	93,0	0,180
			32	45,1	0,610	67	94,4	0,150
			33	46,5	0,580	68	95,8	0,100
			34	47,9	0,560	69	97,2	0,096
			35	49,3	0,560	70	98,6	0,070

Таблица 4.7 – Ординаты эмпирических и аналитических кривых минимальных расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1945 – 1976гг.

Ординаты аналитической кривой			Ординаты эмпирической кривой		
$P, \%$	$K$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$
0,01	3,93	15,6	1	3,03	1,24
0,1	3,32	13,2	2	6,06	1,13
0,3	3,00	11,9	3	9,09	1,03
0,5	2,84	11,3	4	12,1	1,01
1	2,62	10,4	5	15,2	0,900
3	2,24	8,9	6	18,2	0,750
5	2,05	8,1	7	21,2	0,730
10	1,76	7,0	8	24,2	0,640
20	1,44	5,7	9	27,3	0,620
25	1,33	5,3	10	30,3	0,610
30	1,23	4,9	11	33,3	0,580
40	1,06	4,2	12	36,4	0,560
50	0,915	3,6	13	39,4	0,500
60	0,779	3,1	14	42,4	0,480
70	0,646	2,6	15	45,5	0,460
75	0,579	2,3	16	48,5	0,440
80	0,508	2,0	17	51,5	0,430
90	0,350	1,4	18	54,5	0,430
95	0,246	1,0	19	57,6	0,380
97	0,192	0,8	20	60,6	0,380
99	0,114	0,5	21	63,6	0,380
99,5	0,083	0,3	22	66,7	0,370
99,7	0,069	0,3	23	69,7	0,310
99,9	0,041	0,2	24	72,7	0,300
			25	75,8	0,300
			26	78,8	0,300
			27	81,8	0,260
			28	84,8	0,250
			29	87,9	0,250
			30	90,9	0,180
			31	93,9	0,100
			32	97,0	0,070

Таблица 4.8 – Ординаты эмпирических и аналитических кривых минимальных расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1977 – 2014гг.

Ординаты аналитической кривой			Ординаты эмпирической кривой					
$P, \%$	$K$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	№	$P, \%$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$
0,01	5,52	23,6	1	2,6	2,36	25	64,1	0,500
0,1	4,35	18,6	2	5,1	2,32	26	66,7	0,460
0,3	3,80	16,3	3	7,7	1,79	27	69,2	0,450
0,5	3,54	15,1	4	10,3	1,78	28	71,8	0,430
1	3,17	13,6	5	12,8	1,56	29	74,4	0,430
3	2,58	11,0	6	15,4	1,56	30	76,9	0,410
5	2,30	9,8	7	17,9	1,19	31	79,5	0,400
10	1,90	8,1	8	20,5	0,990	32	82,1	0,350
20	1,48	6,3	9	23,1	0,960	33	84,6	0,350
25	1,33	5,7	10	25,6	0,940	34	87,2	0,220
30	1,22	5,2	11	28,2	0,930	35	89,7	0,220
40	1,02	4,3	12	30,8	0,930	36	92,3	0,210
50	0,858	3,7	13	33,3	0,910	37	94,9	0,150
60	0,709	3,0	14	35,9	0,880	38	97,4	0,096
70	0,573	2,5	15	38,5	0,880			
75	0,509	2,2	16	41,0	0,870			
80	0,442	1,9	17	43,6	0,860			
90	0,296	1,3	18	46,2	0,790			
95	0,204	0,9	19	48,7	0,740			
97	0,158	0,7	20	51,3	0,710			
99	0,092	0,4	21	53,8	0,690			
99,5	0,068	0,3	22	56,4	0,630			
99,7	0,054	0,2	23	59,0	0,560			
99,9	0,035	0,1	24	61,5	0,550			



## 5 ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА

Расчет внутригодичного распределения стока представляет собой количественную оценку распределения речного стока по сезонам и месяцам года. Сведения о внутригодичном распределении стока необходимы при проектировании водохранилищ, для оценки баланса притока и потребления воды, при разработке проектов промышленного и хозяйственного водоснабжения.

Определение расчетного календарного внутригодичного распределения стока в створе проектирования при длительности рядов наблюдений  $n$ , равной 15 годам и более, производится, согласно Своду правил, следующими тремя методами:

- а) компоновки;
- б) среднего распределения стока за годы характерной градации водности;
- в) реального года.

В данной работе будет использован метод реального года.

Расчеты внутригодичного распределения стока рек указанными методами обычно производятся по водохозяйственным годам, начинающимся с первого месяца многоводного сезона. В отдельных случаях возможно выполнение расчетов внутригодичного распределения стока для гидрологических лет, начинающихся с первого месяца периода накопления влаги, или для обычных календарных лет.

*Метод компоновки.*

При использовании этого метода сток за не лимитирующий период определяется по разности расчетных значений объемов стока за водохозяйственный год и лимитирующий период, сток за не лимитирующий сезон - по разности расчетных объемов стока за лимитирующий период и лимитирующий сезон, а суммарный объем стока всех не лимитирующих

месяцев - по разности расчетных объемов стока за лимитирующий сезон и лимитирующий месяц.

Внутрисезонное распределение стока в методе компоновки рассчитывается по специальной методике. Расчетные значения месячного стока внутри лимитирующего сезона и не лимитирующего сезона определяются с таким расчетом, чтобы получить для этих сезонов наиболее неравномерные распределения стока.

*Метод средних распределений стока за водохозяйственный год заданной градации водности.*

Метод основан на расчете средних относительных распределений месячных объемов стока от годовой их суммы путем осреднения относительных значений стока каждого  $i$ -го 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 ( $\text{км}^3$  или  $10^6 \times \text{м}^3$ ) 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.

*Метод реального года.*

Определение внутригодового распределения стока данным методом основано на выборе расчетного водохозяйственного года из числа фактических с использованием принципа наибольшей близости вероятностей превышения стока за водохозяйственный год, лимитирующий период, лимитирующий сезон и лимитирующий месяц к расчетной вероятности превышения.

$$\Delta P = (P_{\text{вг}} - P_{\text{расч}})^2 + (P_{\text{лп}} - P_{\text{расч}})^2 + (P_{\text{лс}} - P_{\text{расч}})^2 \quad (5.1)$$

где  $\Delta P$  – Результирующая сумма;

$P_{\text{вг}}$  – Значение вероятности превышения за выбранный водохозяйственный год;

$P_{\text{расч}}$  – Расчётная вероятность превышения;

$P_{\text{лп}}$  – Значение вероятности превышения за лимитирующий период;

$P_{\text{лс}}$  – Значение вероятности превышения за лимитирующий сезон;

В качестве расчетного года принимается тот водохозяйственный год, для которого по формуле (5.1) получено наименьшее значение суммы  $\Delta P$ .

Затем водохозяйственный год делится на три сезона, не лимитирующий период, не лимитирующий сезон, лимитирующий сезон, после для ряда считаются суммы средних месячных расходов (см. приложение В таблицы В.3, В.4). Значения полученные для каждой из этих характеристик ранжируются и относят к водохозяйственным годам, к которым они относятся, ещё выписываются их обеспеченности (см. приложение В таблицы В.1 и В.2).

Рассчитываются ординаты эмпирических и аналитических кривых обеспеченности для водохозяйственного года, затем строятся кривые обеспеченности (см. приложение В рисунок В.1 и В.2), с которых впоследствии снимаются обеспеченности заданные проектом 5, 25, 50, 75 и 95% (см. приложение В таблицы В.5 и В.6).

По кривым обеспеченности определяется сток для заданной обеспеченности (5, 25, 50, 75 и 95%) за водохозяйственный год (см. таблицы 5.1 и 5.2) и по формулам 5.2 и 5.3 рассчитываются расчетные  $Q$

$$K_p = \frac{Q_{\text{мес}}}{\sum Q_{\text{вг}}} \times 100\% \quad (5.2)$$

- где
- $K_p$  – Модкльный коэффициент;
  - $Q_{\text{мес}}$  – Среднемесячный расход воды за расчётный год, м<sup>3</sup>/с;
  - $Q_{\text{вг}}$  – Расход воды за расчётный год, м<sup>3</sup>/с;

$$Q_{\text{расч}} = \frac{K_p \times \sum Q_p}{100\%} \quad (5.3)$$

- где
- $Q_{\text{расч}}$  – Расход воды за расчётный год, м<sup>3</sup>/с;
  - $K_p$  – Модкльный коэффициент;
  - $Q_p$  – Расход воды для заданной обеспеченности, м<sup>3</sup>/с;

Таблица 5.1 – Расчет стока заданной обеспеченности за 1945 –1976гг.

Период	Не лимитирующий период			Лимитирующий период									$\Sigma Q$
				Не лимитирующий сезон						Лимитирующий сезон			
Месяц	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	
5%													
1974/1975	7,47	16,6	1,67	0,67	0,41	0,25	0,22	0,24	0,23	0,39	0,40	0,24	28,8
<i>Rp, %</i>	25,9	57,7	5,80	2,33	1,42	0,87	0,76	0,83	0,80	1,35	1,39	0,83	100,00
Расчётные <i>Q</i>	19,67	43,7	4,40	1,76	1,08	0,66	0,58	0,63	0,61	1,03	1,05	0,63	75,8
25%													
1948/1949	0,75	22,8	4,49	0,56	0,45	0,43	0,89	5,90	10,9	5,88	1,07	0,99	55,1
<i>Rp, %</i>	1,36	41,4	8,15	1,02	0,82	0,78	1,61	10,71	19,8	10,67	1,94	1,80	100,00
Расчётные <i>Q</i>	0,79	24,1	4,75	0,59	0,48	0,45	0,94	6,24	11,5	6,22	1,13	1,05	58,3
50%													
1967/1968	3,18	21,8	7,88	0,94	0,42	0,37	0,38	1,68	3,93	1,11	0,42	0,43	42,5
<i>Rp, %</i>	7,48	51,2	18,5	2,21	0,99	0,87	0,89	3,95	9,24	2,61	0,99	1,01	100,00
Расчётные <i>Q</i>	3,48	23,9	8,63	1,03	0,46	0,41	0,42	1,84	4,31	1,22	0,46	0,47	46,6
75%													
1965/1966	0,54	19,8	7,95	0,78	0,33	0,90	0,58	1,11	0,99	0,48	0,44	0,56	34,5
<i>Rp, %</i>	1,57	57,5	23,1	2,26	0,96	2,61	1,68	3,22	2,87	1,39	1,28	1,63	100,00
Расчётные <i>Q</i>	0,56	20,7	8,31	0,81	0,34	0,94	0,61	1,16	1,03	0,50	0,46	0,59	36,0
95%													
1975/1976	7,47	16,6	1,67	0,67	0,41	0,25	0,22	0,24	0,23	0,39	0,40	0,24	28,8
<i>Rp, %</i>	25,9	57,7	5,80	2,33	1,42	0,87	0,76	0,83	0,80	1,35	1,39	0,83	100,00
Расчётные <i>Q</i>	5,89	13,1	1,32	0,53	0,32	0,20	0,17	0,19	0,18	0,31	0,32	0,19	22,7

Таблица 5.2 – Расчет стока заданной обеспеченности за 1977 – 2014гг.

Период	Не лимитирующий период			Лимитирующий период									$\Sigma Q$
				Не лимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
Месяц	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	
5%													
2004/2005	6,00	30,9	5,85	5,55	12,9	1,23	2,22	4,67	8,13	5,86	11,80	2,34	97,5
<i>Rp, %</i>	6,16	31,7	6,00	5,70	13,2	1,26	2,28	4,79	8,34	6,01	12,11	2,40	100
Расчётные <i>Q</i>	5,78	29,8	5,64	5,35	12,4	1,19	2,14	4,50	7,83	5,65	11,37	2,25	93,9
25%													
2001/2002	2,49	28,7	4,16	2,21	0,68	0,15	0,13	0,61	5,74	1,17	1,43	13,30	60,8
<i>Rp, %</i>	4,10	47,2	6,85	3,64	1,12	0,25	0,21	1,00	9,45	1,93	2,35	21,89	100
Расчётные <i>Q</i>	2,81	32,4	4,70	2,50	0,77	0,17	0,15	0,69	6,49	1,32	1,62	15,04	68,7
50%													
1997/1998	10,40	15,3	11,0	2,96	0,50	0,16	0,14	0,89	8,68	1,96	2,91	2,48	57,4
<i>Rp, %</i>	18,13	26,7	19,2	5,16	0,88	0,27	0,24	1,55	15,12	3,42	5,07	4,32	100
Расчётные <i>Q</i>	9,61	14,1	10,2	2,73	0,46	0,15	0,13	0,82	8,01	1,81	2,69	2,29	53,0
75%													
1984/1985	0,93	26,0	4,42	0,63	0,38	0,32	0,74	3,86	4,71	1,40	0,47	0,35	44,2
<i>Rp, %</i>	2,10	58,8	10,0	1,43	0,86	0,72	1,67	8,73	10,65	3,17	1,06	0,79	100
Расчётные <i>Q</i>	0,83	23,2	3,95	0,56	0,34	0,29	0,66	3,45	4,21	1,25	0,42	0,31	39,5
95%													
2002/2003	11,20	18,8	2,84	0,39	0,31	0,16	0,17	0,28	0,40	0,24	0,12	0,10	35,0
<i>Rp, %</i>	31,99	53,7	8,11	1,11	0,89	0,46	0,49	0,80	1,14	0,69	0,34	0,29	100
Расчётные <i>Q</i>	7,61	12,8	1,93	0,27	0,21	0,11	0,12	0,19	0,27	0,16	0,08	0,07	23,8

На основе таблиц 5.1 и 5.2 построены совмещенные гидрографы среднемесячных расходов воды для 5, 25, 50, 75 и 95% процентной обеспеченности (см. рисунки 5.1 – 5.5).

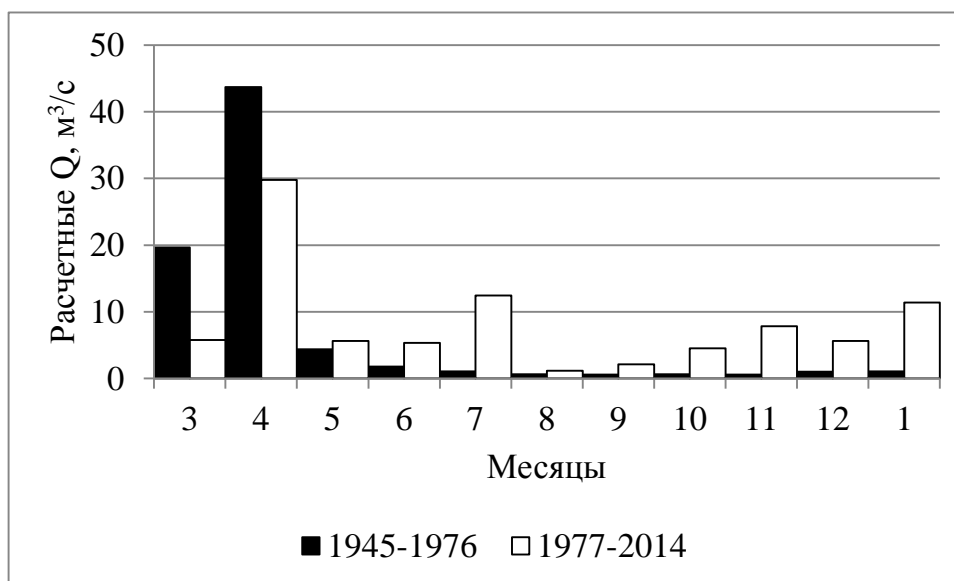


Рисунок 5.1 – Совмещенный гидрограф среднемесячных расходов воды 5%-ой обеспеченности р. Тигода – ст. Любань за 1945 – 2014гг.

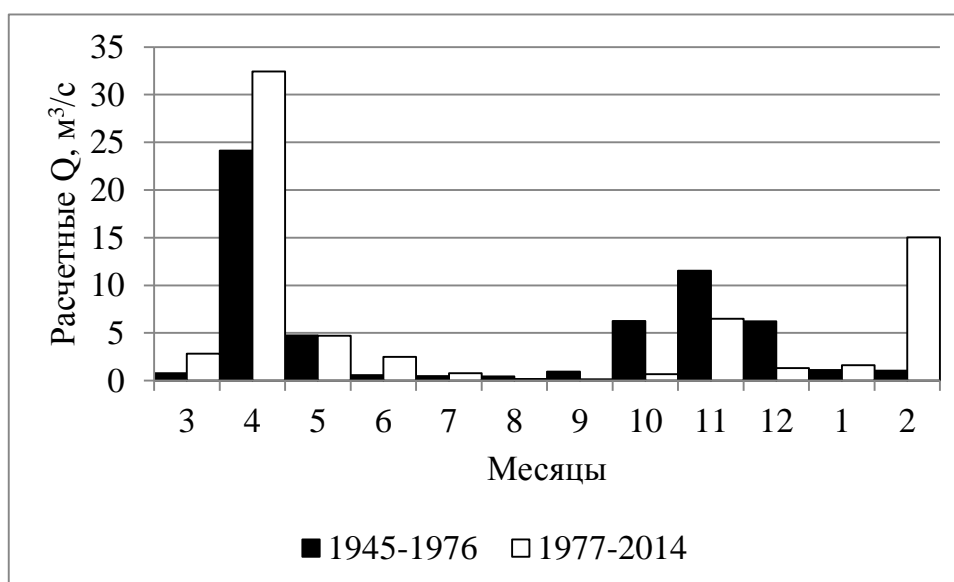


Рисунок 5.2 – Совмещенный гидрограф среднемесячных расходов воды 25%-ой обеспеченности р. Тигода – ст. Любань за 1945 –2014гг.

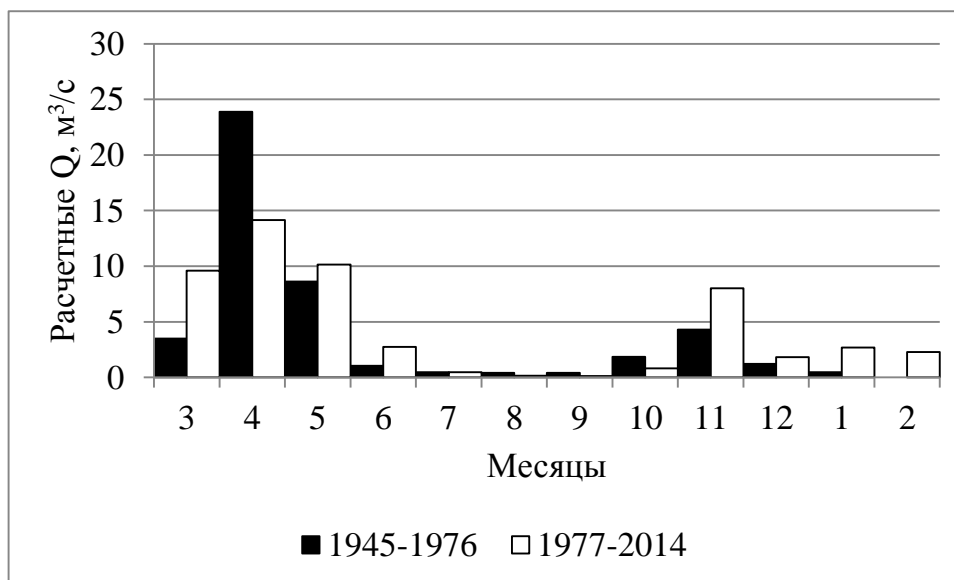


Рисунок 5.3 – Совмещенный гидрограф среднемесячных расходов воды 50%-ой обеспеченности р. Тигода – ст. Любань за 1945 – 2014гг.

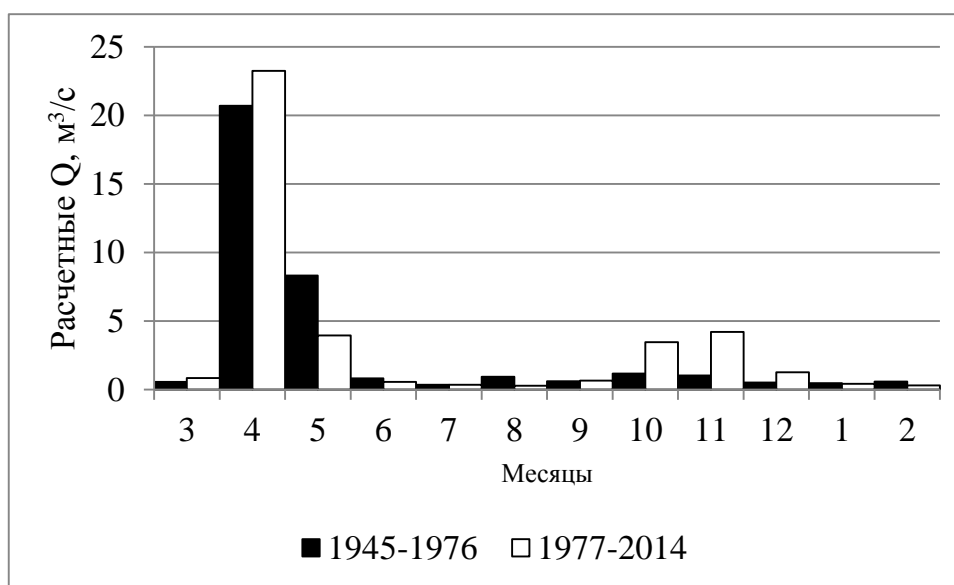


Рисунок 5.4 – Совмещенный гидрограф среднемесячных расходов воды 75%-ой обеспеченности р. Тигода – ст. Любань за 1945 – 2014гг.



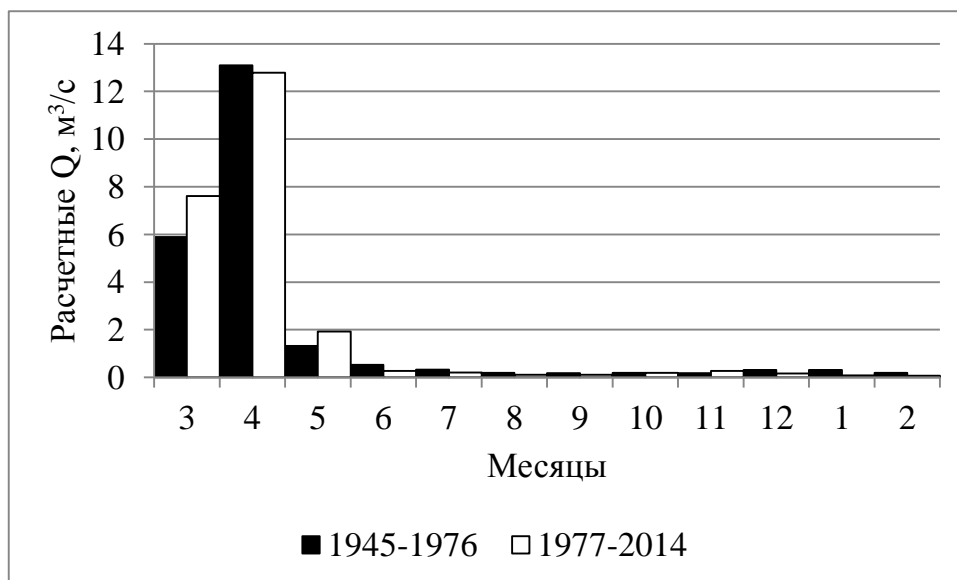


Рисунок 5.5 – Совмещенный гидрограф среднемесячных расходов воды 95%-ой обеспеченности р. Тигода – ст. Любань за 1945 – 2014гг.

Совмещенные гидрографы среднемесячных расходов воды для многолетних групп показывают, что за 1977 – 2014 гг. увеличились зимние расходы, по сравнению с периодом 1945 – 1976. Для групп средней водности характерно перераспределение стока в весенние и летние месяцы. В маловодной группе сток практически не изменился, наблюдается небольшое перераспределение стока в зимний период за 1977 – 2014 гг.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанных исследований получены следующие результаты.

На основе анализа метеорологических данных сделан вывод об изменении климата после 1977 г., поэтому общий ряд наблюдений был разделен на два периода с начала наблюдений по 1976 гг. и с 1977 по 2014 гг.

Для изучения изменения среднегодового стока были построены эмпирические и аналитические кривые среднегодовых расходов. Кривая за 1945 – 1976 гг. дает более высокие значения в области больших вероятностей чем кривая за 1977 – 2014 гг. В областях средних и малых вероятностей значения не сильно разнятся. Были построены разностно-интегральные кривые за 1945 – 2014, 1945 – 1976 и за 1977 – 2014 гг., были выделены маловодные и многоводные годы. Был проведен квантильный анализ, выделены многоводные годы и маловодные годы, они наблюдались примерно одинаково. Экстремально многоводные годы наблюдались 2 раза, а экстремально маловодные ни разу.

Для изучения экстремального стока были построены эмпирические и аналитические кривые максимальных и минимальных расходов воды. Кривая максимальных расходов за 1945 – 1976 гг. во всех областях вероятностей дает более высокие результаты, чем кривая за 1977 – 2014 гг. Кривая минимальных расходов воды в областях высоких и средних вероятностей за 1977 – 2014 гг. дает более высокие результаты, чем кривая за 1945 – 1976 гг. , а в области малых вероятностей обе кривые(за 1945 – 1976 и за 1977 – 2014 гг.) дают примерно одинаковые результаты.

Было рассчитано годовое распределение стока, построены совмещенные гидрографы для разных уровней обеспеченностей. В многоводной группе за 1977 – 2014 гг. увеличились зимние расходы, по сравнению с периодом 1945 – 1976. Для групп средней водности характерно перераспределение стока в весенние и летние месяцы. В маловодной группе сток практически не изменился, наблюдается небольшое перераспределение стока в зимний период за 1977 – 2014 гг.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2007. – 278 с.

2. Владимиров А. М. Гидрорасчеты.–Л.: Гидрометеиздат, 1990.

3. Методические указания по дисциплине гидрологические расчёты часть 1, под ред. Сикан А.В. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2012 – 52 с.

4 . Владимиров А. М., Дружинин В. С. Сборник задач и упражнений по гидрологическим расчетам. – СПб.:Гидрометеиздат, 1992.

5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Северо-Запад. - Л.: Гидрометеиздат, 1972.

Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Части 1-6. Вып.8. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992.

Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Северо-Запад. – Гидрометеиздат.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Метеорологические данные

Таблица А.1 – Среднемесячные температуры воздуха в г. Санкт-Петербург за 1945 – 2014 гг.

Годы	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1944	-3,4	-5,6	-2,7	0,3	9,5	14,1	18,5	17,1	11,5	6,6	-0,2	-3,3
1945	-6,6	-4,8	-5,9	3	7,8	14,1	19,1	17,8	9,3	2,5	-1,2	-9,7
1946	-5,7	-10	-4,2	3,5	8,7	16,6	18,7	16,5	11,6	2	-1,3	-4,1
1947	-8,4	-15	-6,9	3,5	8,7	16,6	17,1	16,1	12,6	4,5	-1,1	-4,6
1948	-7,7	-9,6	-3,9	4	12,7	17,2	16,7	15,6	11,4	5,2	0,6	-1,3
1949	-2,2	-2,9	-2,3	4,5	12,8	13,7	17,1	14,8	13,9	6	0,9	-1,5
1950	-14	-5,9	-2,3	7,2	10,2	14	15,9	15,6	12	5,7	0,4	-3,7
1951	-8,3	-7,6	-5,5	5,5	7	14,7	15,9	18,5	12,7	5,8	-2	-0,9
1952	-2,4	-4,8	-9,3	4,1	7,3	14,6	17,2	15,2	9,7	2,8	-1,1	-3,7
1953	-7,2	-12	-1,9	5,6	9,6	17,9	18	16	9,7	6,8	0,3	-3,2
1954	-8,7	-12	-1	1,9	10,6	15,7	18,5	16,4	11,9	5,6	-1	-1,3
1955	-6	-7,9	-5,9	-0,8	7	12,9	17,4	19	14,3	7,2	-2,4	-14
1956	-9,2	-15	-4,1	0,4	8,9	18	15,2	14	9,2	4,8	-3,5	-2,5
1957	-3,3	-2,3	-7,1	3	11	13,6	19,4	16	10,7	5,8	1,1	-2,4
1958	-7,5	-8,7	-6,8	2,3	9,2	13,9	16,5	14,5	10,8	6,3	2,6	-8,1
1959	-4,1	-3,7	-0,6	4,6	10,3	16,3	19	17,9	8,6	3,8	-0,8	-6,8
1960	-10	-9,6	-5,2	3,8	11,9	16,7	20,1	16,6	10,3	2,8	-1,5	-0,1
1961	-3,4	-0,7	0,1	2,5	11,1	18,3	17,7	15,8	10,3	8,3	1,1	-5,5
1962	-3,2	-5,2	-6,9	6	9,6	12,3	16,1	14	10,8	6,8	1,8	-5,2
1963	-13	-11	-9,7	3,8	13,9	14,1	18,3	17,9	14	6,4	-0,2	-6,5
1964	-4	-8,4	-5,1	3,4	10,6	15,7	17,9	15,3	11,1	8,2	-1,4	-3,2
1965	-5,3	-8,8	-3,4	4,2	7,1	15,7	15,5	15,3	13,2	5,2	-4,3	-3
1966	-15	-14	-2,8	1,1	10,7	17	18,2	15,3	9,2	5,8	0,9	-8,1
1967	-12	-6,7	1,7	4,5	11,2	14,1	17,5	17,4	13,4	8,9	2,8	-9,2
1968	-17	-5,9	-0,7	3,8	9,4	17,1	14,2	17,4	11,1	2,6	-1	-3
1969	-12	-9,3	-6	3,7	8,8	14,7	16,8	16,2	10,2	5,4	0,6	-5,8
1970	-9,6	-9,6	-0,5	4,1	10,4	16,9	18,4	16,2	10,9	4,6	-0,9	-4
1971	-2,3	-7,8	-4,5	2,8	10,6	14,5	17,5	16,5	10,2	4,3	-1,5	-3,7
1972	-11	-4,1	-2,4	3,2	10,3	18,3	22,1	19,8	11,4	5	0,3	1,8
1973	-5,3	-4,3	-1,5	5	11,6	17,4	20,3	15,9	8,1	3	-1,7	-6
1974	-7,1	0,1	0,2	1,9	7,1	16	18,2	15,8	13,8	7,3	2,2	0,1
1975	-2	-4,8	0,7	5,4	13,6	14,7	18,6	16,9	13,8	5,2	-0,6	-2,2
1976	-11	-8,6	-3,7	2,7	10,3	11,9	16,5	14,4	9,4	1	0	-3,9
1977	-7,2	-7,9	-2,5	4,4	11,3	16	17,3	16	9,7	4,4	2,4	-6,1

Продолжение таблицы А.1

Годы	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1978	-7	-12	-1,3	2,5	10,7	14,5	16,6	14,8	9,7	3,9	2,6	-14
1979	-8,9	-10	-0,7	2,6	12,5	16,4	16,6	17,3	11,1	5	1,6	-3,2
1980	-8,9	-8,1	-4,6	5	7,7	18,6	17	15,5	11,1	5,9	-1,7	-3,4
1981	-4,3	-5	-4,6	1,7	11,9	16	19,1	15,6	11	7,9	-0,1	-5,3
1982	-11	-6,8	-0,1	4	10,4	11,9	17,7	16,6	11,2	5,3	3,7	-0,3
1983	-2,2	-8,6	-2,6	7,5	13,6	14,6	18,7	16,8	12,6	6,4	-0,4	-2,8
1984	-3,4	-5,3	-2,8	5,8	14,5	15,4	17	15,7	11,3	7,8	-0,5	-4,6
1985	-14	-15	-0,8	2,3	10,1	13,4	16,3	18,4	10,9	7,5	-1	-6
1986	-6,7	-11	0,9	5	11	17,4	18,6	15,5	8,2	5,6	3,2	-7,8
1987	-18	-5,6	-4,6	2,6	10,2	14,9	15,9	13,9	9,8	6,4	-2	-5,5
1988	-4,7	-4	-0,6	3,1	13,2	17,9	21	15,7	12,2	6,2	-3,4	-6,1
1989	-0,7	0,6	2,5	7,7	12,5	18,4	18,8	16,4	12,9	6	0,6	-5
1990	-5,4	1,7	1,4	8,1	9,8	14,3	17	16,6	9	5,8	-0,5	-1,8
1991	-4,4	-5,8	-0,8	4,8	9,9	15,3	18,4	17,5	11,2	7,2	3,4	-1,4
1992	-2,7	-2,6	1,8	3,3	11	16,7	17,8	16,6	13,8	1,5	-2,5	-0,1
1993	-2,3	-2,6	-1,1	4,1	13,9	12,9	16,9	14,8	7,3	4,3	-5,7	-3,2
1994	-3,3	-12	-1,9	7,1	9,4	14,2	19,7	16,4	12,6	5,3	-0,9	-3
1995	-4,1	-0,3	1,1	4,8	11,1	19,2	16,5	16,9	12,3	8,3	-1,8	-8,6
1996	-7	-11	-2,9	3,3	10,2	14,7	16,2	18,4	9,7	6,6	4,1	-5,2
1997	-5,6	-3,8	-1,2	2,5	9,1	16,7	19,6	18,8	10,6	3,7	-0,5	-5,4
1998	-1,7	-7,3	-4,2	3,6	10,8	16,4	18	14,7	11,8	6,5	-5,1	-4,1
1999	-7,2	-8	-0,2	7,6	7,7	20,5	20,6	16,2	13	7,2	-0,2	-1,2
2000	-4,4	-2,4	-0,4	8,1	10,5	15,4	18,2	16,6	10,6	8,4	2,6	-0,5
2001	-2,5	-6,9	-3,8	8	10,2	15,2	21,8	16,8	12,7	7,1	-1	-8,8
2002	-4,4	-0,6	0,5	6	12,4	16,8	20,8	18,8	11,7	1,4	-2,3	-9,6
2003	-9,5	-5,8	-1,6	2,3	12,1	13	21,4	16,6	12,4	5,1	2,4	-0,8
2004	-8,1	-5,4	-0,5	5	11,1	14,7	18,5	17,8	13,2	6,5	-0,1	-0,7
2005	-1,6	-6,4	-6	4,7	11,1	15,4	20,1	17,9	13,6	7,7	3,5	-3,6
2006	-5,8	-11	-5,9	5,4	11,8	17	19,2	18,9	14,2	8,1	1,7	3
2007	-2,4	-11	3,6	5,2	12,3	16	18,5	19,6	12,1	7,5	-0,7	0,8
2008	-1,7	-0,2	0,4	7	11	15,1	17,8	16,1	10,7	8,7	3,1	-0,8
2009	-3,5	-3,9	-0,8	4,3	12,1	15	18,2	16,8	13,9	4,6	2,4	-5,1
2010	-12	-8,4	-2,4	6,7	13,4	15,5	24,4	19,6	12,3	5,5	0,4	-8,3
2011	-5,8	-11	-1,9	5,7	11	17,7	22,5	17,5	13,1	7,6	3,6	1,9
2012	-4,8	-10	-1	4,9	12,7	15,2	19,5	16,3	12,9	6,6	2,9	-7,9
2013	-6,1	-2,6	-6,6	4,2	14,4	19,8	19	18,6	12,1	7,3	4,4	0,9
2014	-7	0	2,2	6,5	13	15	21,2	18,8	13,5	5,2	0,8	-1

Таблица А.2 – Среднемесячные температуры воздуха в г. Санкт-Петербург за 1945 – 2014 гг.

Годы	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1966	56	40	60	85	40	51	115	72	100	83	40	48
1967	37	32	30	28	60	75	23	92	24	140	40	62
1968	32	22	30	57	53	36	78	49	90	106	49	35
1969	25	29	21	44	67	16	118	75	106	31	48	38
1970	29	31	20	64	17	25	126	100	90	58	58	42
1971	42	43	83	25	10	44	40	80	30	58	61	39
1972	6	14	15	56	31	16	59	59	29	63	59	20
1973	14	33	44	32	52	126	6	75	82	90	52	43
1974	27	28	13	21	22	115	116	103	39	93	91	63
1975	45	17	23	65,6	49	70	68	50	35	54	62	83
1976	47	17	51	45	10	81	88	55	71	18	61	49
1977	21	45	50	65	52	46	105	29	72	85	56	43
1978	37	25	52	31	2	36	68	59	93	43	58	28
1979	44,4	35,1	12	9	42,7	32	166	63,8	110	28	93,4	28
1980	39	41	13	18	32	70	69	90	24	94	89	97
1981	37	30	42	30	35	69	63	64	73	90	67	112
1982	37	15	35	23	43	88	75	87	84	53	46	43
1983	79	20	61	29	46	63	19	40	101	86	77	97
1984	52,5	20,6	17,4	11,8	43,2	45,4	93,2	36,7	119	150	28,4	35,1
1985	24,5	22	17,8	40,1	34,3	57,9	68,1	120	48,8	75	48	56,9
1986	66,6	17	37,4	27,6	54,3	16,7	104	84,4	114	40,2	40,5	66,5
1987	26,2	49	19,6	18,1	38,3	125	48,3	185	80,6	5	55,8	40,3
1988	38,3	24,3	38,5	31	16	61,8	106	138	95,2	41,1	50,2	38,5
1989	37,5	29,4	33,2	26,2	26,5	33,6	123	126	50,6	91,1	42,2	36,6
1990	56,5	92,4	55,5	12,5	66,1	29,3	100	33,7	66,5	51,9	52,5	24,8
1991	53,8	54,8	38,2	46	46,3	80,8	58	94,2	41,9	63,7	68,8	34,4
1992	42,2	23,4	34	73,6	28,7	36,3	74,9	39,4	40,4	41,6	41,8	27,4
1993	58,3	31,4	28,4	25,6	26,5	74	90,4	161	17,8	72,9	2	55,4
1994	40,9	4,8	40,8	26,9	42,4	78,7	8	106	141	56,9	34,1	33,4
1995	31,8	36,8	61,8	32,4	72,1	65,6	46,3	39,7	56,5	54,6	97,2	14,6
1996	20,2	24,1	13,2	38,5	65,6	42,2	100	34,5	22,5	46,9	64,2	46
1997	54,2	32,2	20	52,5	60,8	46,4	70	26,8	171	92,9	72	37,1
1998	40	36,2	43,9	31,4	33,8	154	122	105	39,4	58,6	13,9	68,7
1999	61	43,9	21,1	26,1	20	32	28,2	52,6	14,9	81,5	29	52,5

Продолжение таблицы А.2

Годы	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2000	37,2	18,7	42,8	24	34,8	86	152	64,2	52,7	73,1	67,7	60,6
2001	26,9	33,6	37	54,1	41,3	70,4	119	69,5	34,3	77,8	85,1	36,7
2002	33,8	53,8	38,5	30,6	20,5	75	116	39,9	51,5	58	61	31,3
2003	48,2	23,7	27,9	20,1	127	71,6	84,5	159	29,3	107	57,1	85,9
2004	30,3	36,7	46,8	7,7	66,9	109	82,7	84,3	88,9	40	44	61,8
2005	80,4	13,7	25	37,9	62	71,7	127	57,8	25,3	41,4	60,1	48,7
2006	25,4	12,5	34,4	31,3	60,5	56,6	17,4	47,1	33,1	98,2	81	39,6
2007	58,1	22,8	36,8	29,9	67,2	87,6	78,8	78,4	39,1	34,2	29,5	23,1
2008	46,5	62,9	58,3	43,3	18,7	69,9	73,2	76,8	57,6	108	56,8	51,8
2009	42,3	39	27,3	28,5	10,5	113	62,5	139	81,2	95,5	73,4	90
2010	26,3	69	58,3	24,5	68,6	108	61,4	97	58,3	42,1	118	81,1
2011	82,4	47,9	25	7,2	56	52,8	96,6	69,3	116	55	29,4	58,7
2012	42,9	23,5	52,6	53,6	33,6	62,1	66	153	142	67,7	111	52,6
2013	39,2	32,2	9,8	26,4	52,3	37,2	86,6	96,2	54,5	68,4	54,4	53,1
2014	50,3	40,9	31	10,3	92,7	75,3	43,6	102	21	23,1	42,3	41,1



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Гидрометрические данные

Таблица Б.1 – Среднемесячные расходы воды на р. Тигода ст. Любань за 1945 – 2014 гг.

Годы	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1945/1946	0,18	9,79	6,62	3,3	1,19	0,81	3,1	9,16	5,04	0,81	0,58	0,29
1946/1947	0,27	21,6	13,4	2,78	0,53	0,43	0,77	1,42	2,05	1,16	0,25	0,13
1947/1948	0,1	14,6	8,41	6,55	1,17	0,59	0,42	0,59	1,18	1,9	1,05	0,94
1948/1949	0,75	22,8	4,49	0,56	0,45	0,43	0,89	5,9	10,9	5,88	1,07	0,99
1949/1950	1,1	14,4	3,39	3,63	1,41	0,41	0,8	1,76	2,17	5,37	0,65	0,55
1950/1951	0,8	16,1	4,19	3,34	1,06	0,79	0,99	2,47	7	5,73	1,3	0,88
1951/1952	0,65	33,7	3,03	1,1	2,1	0,46	0,31	0,31	0,36	0,9	1,42	0,86
1952/1953	0,64	17,5	5,05	1,09	0,53	0,57	4,19	16,8	10,5	2,85	2,18	0,88
1953/1954	1,15	28,6	3,04	3,93	1,77	4,97	7,62	12	4,25	5,28	0,52	0,38
1954/1955	0,95	8,97	7,65	1,39	0,7	0,68	0,8	1,54	4,24	2,56	2,21	2,42
1955/1956	1,39	7,64	37,3	3,46	0,71	0,48	0,49	0,67	0,8	0,54	0,53	0,32
1956/1957	0,38	11,6	27	0,77	0,34	0,38	0,43	0,65	0,79	2,26	0,83	1,43
1957/1958	0,84	25	10,3	2,06	0,64	4,59	7,13	8,53	4,55	2,02	1,5	0,67
1958/1959	0,62	19,2	20	2,07	1,1	3,36	1,05	8,6	4,52	1,24	0,79	1,16
1959/1960	2,63	3,99	3,91	0,72	0,59	0,31	0,41	1,32	1,5	0,33	0,37	0,31
1960/1961	0,28	21,4	4,72	0,73	0,79	0,31	1	1,18	2,74	11,3	3,41	1,44
1961/1962	10,1	15,8	4,51	0,49	0,42	3,42	3,37	1,27	1,64	2,21	1,74	1,52
1962/1963	1,03	33	9,12	3,7	4,9	2,43	16,6	4,6	10,9	3,68	0,51	0,38
1963/1964	0,33	16,4	6,6	0,56	0,43	0,49	0,41	2,61	4,62	0,55	0,6	0,39
1964/1965	0,33	14,9	7,07	3,08	0,33	0,36	0,32	0,5	0,81	0,65	0,62	0,61
1965/1966	0,54	19,8	7,95	0,78	0,33	0,9	0,58	1,11	0,99	0,48	0,44	0,56
1966/1967	0,66	31,4	28	0,81	0,72	0,92	1,44	5,04	1,5	0,54	0,26	0,27
1967/1968	3,18	21,8	7,88	0,94	0,42	0,37	0,38	1,68	3,93	1,11	0,42	0,43
1968/1969	3,17	27,9	7,5	0,58	2,23	0,43	0,99	4,07	8,91	1,22	0,66	0,39
1969/1970	0,37	19,8	18,1	1,37	0,36	0,19	0,34	0,67	3,57	3,74	0,5	0,37
1970/1971	0,45	20	7,05	0,61	0,51	0,92	1,93	5,68	8,06	5,88	2,02	3,51
1971/1972	1,31	33,5	6,49	5,15	0,56	0,51	0,37	0,64	0,75	0,61	0,23	0,2
1972/1973	1,06	20	4,15	0,61	0,32	0,17	0,18	0,44	0,8	1,54	0,19	0,2
1973/1974	0,78	6,09	2,48	1,55	0,35	0,22	0,56	1,0	2,32	0,9	0,85	0,63
1974/1975	1,29	15,4	9,92	2,13	3,47	4,03	0,81	3,24	9,41	6,92	9,42	2,38
1975/1976	7,47	16,6	1,67	0,67	0,41	0,25	0,22	0,24	0,23	0,39	0,4	0,24
1976/1977	0,24	16,4	11	4,81	1,45	0,51	1,28	0,7	1,51	3,15	0,73	0,48

Продолжение таблицы Б.1

Годы	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1977/1978	1,55	24,4	7,34	0,79	0,37	0,84	0,87	5,02	7,53	1,76	0,72	0,5
1978/1979	1,32	29	3,7	0,51	0,55	3,48	5	4,05	7,99	1,79	0,44	0,43
1979/1980	1,11	17,9	10,1	0,43	0,52	0,61	0,67	1,08	2,61	3,2	0,6	0,43
1980/1981	0,48	18,4	7,62	0,54	0,5	0,56	0,65	1,3	5,61	4,09	2,35	1,36
1981/1982	2,65	21,1	7,36	4,13	0,47	0,36	0,97	4,82	9,54	4,01	2,01	1,23
1982/1983	3,25	30,5	4,03	1,0	0,85	0,46	1,02	3,16	9,69	5,7	5,13	2,1
1983/1984	4,74	23,8	3,05	0,54	0,33	0,24	0,22	0,88	2,31	4,48	5,03	1,84
1984/1985	0,93	26	4,42	0,63	0,38	0,32	0,74	3,86	4,71	1,4	0,47	0,35
1985/1986	0,63	17,9	9,31	3,25	0,74	0,54	0,97	3,36	6,05	1,24	0,9	0,56
1986/1987	2,57	26,1	6,69	0,43	0,58	0,26	8,29	4,54	5,12	2,89	0,26	0,29
1987/1988	0,34	12,3	16,9	6,68	4,15	10,2	8,45	3,99	1,48	2,75	3,45	0,51
1988/1989	0,76	22,7	5,35	1,22	0,93	1,71	1,29	2,16	3,59	1,27	3,77	12,1
1989/1990	18,9	8,26	1,39	0,39	0,43	1,17	0,61	2,35	4,82	2,36	2,36	20,4
1990/1991	20	5,53	0,77	0,51	1,15	1,39	4,89	7,15	6,24	4,0	2,36	1,21
1991/1992	4,6	27,7	7,08	6,19	0,79	0,36	0,43	0,48	4,51	3,47	6,48	2,33
1992/1993	10,4	22,7	9,83	0,4	0,3	0,18	0,17	0,36	0,59	1,06	2,37	2,26
1993/1994	4,9	20,6	4,3	0,70	0,50	1,31	1,47	4,02	1,50	0,32	0,41	0,16
1994/1995	2,0	26,0	8,7	5,33	0,73	0,52	2,14	4,60	3,71	1,77	2,33	3,91
1995/1996	18,6	27,5	11,2	2,30	0,51	0,41	0,36	0,43	0,59	0,47	0,37	0,25
1996/1997	0,3	9,5	7,5	1,46	2,42	0,65	0,27	0,42	2,43	4,11	0,67	1,28
1997/1998	10,4	15,3	11,0	2,96	0,50	0,16	0,14	0,89	8,68	1,96	2,91	2,48
1998/1999	4,0	21,6	12,2	6,88	7,61	5,84	2,29	2,85	3,41	0,71	2,07	1,43
1999/2000	1,9	36,3	6,3	0,68	0,26	0,26	0,26	0,29	0,48	1,01	0,97	0,82
2000/2001	2,0	18,9	2,7	0,83	9,09	2,14	2,02	1,54	7,94	7,25	1,48	1,00
2001/2002	2,5	28,7	4,2	2,21	0,68	0,15	0,13	0,61	5,74	1,17	1,43	13,3
2002/2003	11,2	18,8	2,8	0,39	0,31	0,16	0,17	0,28	0,40	0,24	0,12	0,1
2003/2004	0,68	5,79	6,13	0,78	2,95	1,06	2,88	9,62	6,52	7,37	2,86	1,13
2004/2005	6,0	30,9	5,85	5,55	12,9	1,23	2,22	4,67	8,13	5,86	11,8	2,34
2005/2006	0,87	18,8	11,6	2,25	0,47	0,21	0,15	0,25	1,16	1,28	0,65	0,26
2006/2007	0,24	16,1	5,48	6,31	0,17	0,09	0,14	0,36	3,64	5,56	13,7	1,72
2007/2008	8,46	6,36	4,61	0,4	0,36	0,15	0,19	0,44	0,67	1,63	0,74	2,16
2008/2009	7,72	21,9	2,91	0,3	0,26	0,74	1,15	2,09	6,56	8,86	1,8	1,06
2009/2010	0,59	18,4	4,3	2,7	0,92	1,26	2,1	9,01	11,1	8,04	1,20	0,57
2010/2011	0,88	40,4	6,8	4,2	0,97	0,23	0,24	0,60	5,40	2,53	2,50	1,86
2011/2012	1,09	37,9	9,8	1,1	0,42	0,64	0,53	2,00	2,0	10,9	6,14	0,57
2012/2013	0,55	20,0	6,8	1,3	0,39	0,49	0,72	3,17	10,4	4,4	3,73	1,48
2013/2014	0,57	24,2	15,3	3,0	1,48	0,89	0,23	0,50	6,09	6,33	9,25	1,78

Таблица Б.2 – Среднегодовые, максимальные, минимальные расходы воды на р. Тигода ст. Любань за 1945 – 2014 гг.

год	$Q_{ср}$	$Q_{max}$	$Q_{min}$	Год	$Q_{ср}$	$Q_{max}$	$Q_{min}$
1945	3,35	21,1	0,07	1980	3,4	68,9	0,43
1946	3,77	71,1	0,25	1981	4,93	48,7	0,88
1947	2,99	33,5	0,1	1982	5,24	70,8	1,19
1948	4,59	60,9	0,75	1983	3,99	70,3	0,93
1949	3,04	33,5	0,9	1984	4,19	60,8	0,93
1950	3,64	23,5	0,38	1985	3,73	47,7	0,35
1951	3,76	88,3	0,58	1986	4,91	42,9	0,4
1952	5,17	41,9	0,64	1987	5,65	37,3	0,21
1953	6,31	53,4	0,61	1988	3,75	42,1	0,45
1954	2,53	16,1	0,38	1989	4,71	25,8	1,79
1955	4,84	112	1,24	1990	6,20	56,1	2,36
1956	3,79	111	0,3	1991	4,93	68,4	0,94
1957	5,66	55,1	0,73	1992	4,57	42,4	2,32
1958	5,33	64,4	0,62	1993	3,69	30,6	0,71
1959	1,47	99,1	0,56	1994	4,67	51,1	0,15
1960	3,76	59,1	0,25	1995	5,72	65,1	1,56
1961	4,01	40,3	1,13	1996	2,47	30,4	0,22
1962	7,77	92,3	1,03	1997	4,50	26,1	0,63
1963	2,82	47,6	0,31	1998	6,06	66,5	1,56
1964	2,44	47,4	0,3	1999	4,26	70,8	0,91
1965	2,89	64,7	0,48	2000	4,68	43,7	0,79
1966	6	115	0,44	2001	4,04	59,80	0,96
1967	3,52	48,9	0,26	2002	4,13	33,40	0,74
1968	4,82	44,6	0,38	2003	3,67	23,3	0,096
1969	4,13	64,3	0,37	2004	7,28	53,2	0,88
1970	4,33	31,7	0,3	2005	4,27	57,3	0,86
1971	4,62	71,2	1,01	2006	3,25	29,1	0,22
1972	2,48	59,5	0,18	2007	3,22	28	0,87
1973	1,39	9,24	0,46	2008	4,62	36,4	0,69
1974	4,84	30,6	0,5	2009	5,11	38,40	0,56
1975	3,33	27,1	0,43	2010	5,34	88,4	0,55
1976	3,47	46,8	0,43	2011	5,90	78,10	0,99
1977	4,31	50,7	0,46	2012	4,57	49,20	0,35
1978	4,88	66	0,5	2013	5,32	101,00	0,41
1979	3,26	36,4	0,43	2014	3,39	20,10	1,78

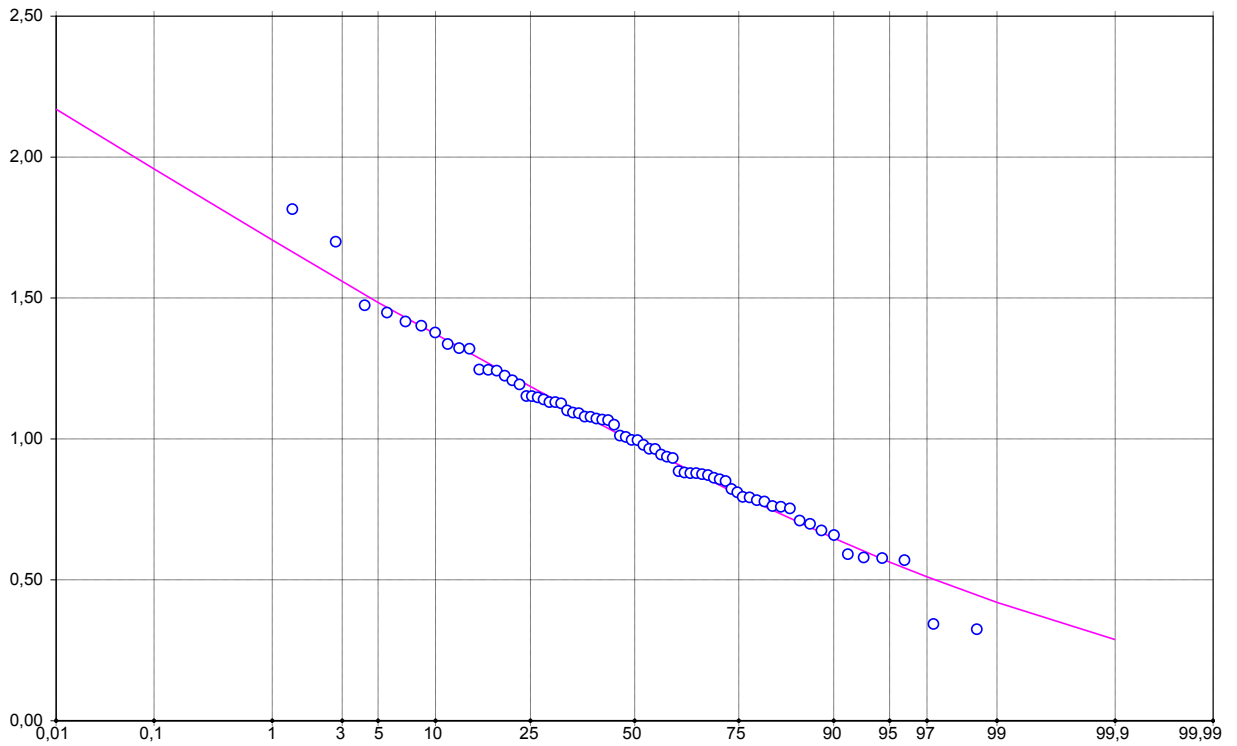


Рисунок Б.1 – Эмпирическая и аналитическая кривая среднегодовых расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1945 – 2014 гг.

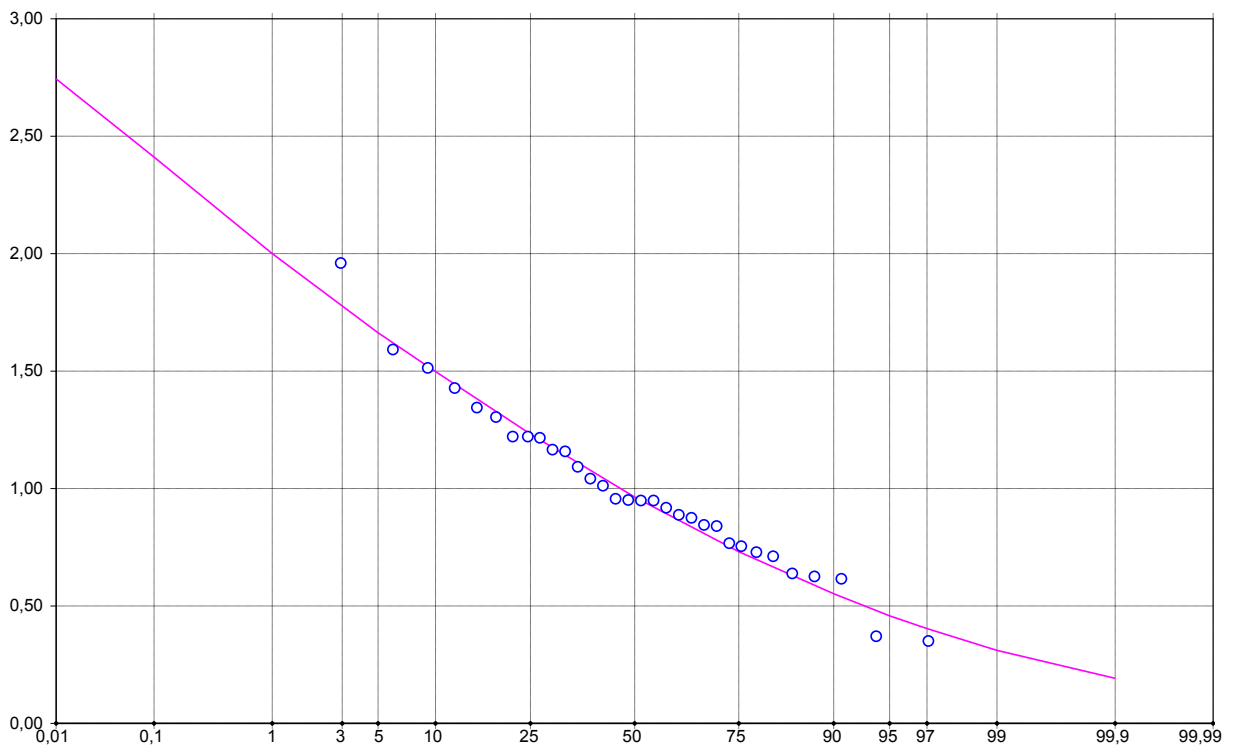


Рисунок Б.2 – Эмпирическая и аналитическая кривая среднегодовых расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1945 – 1976 гг.

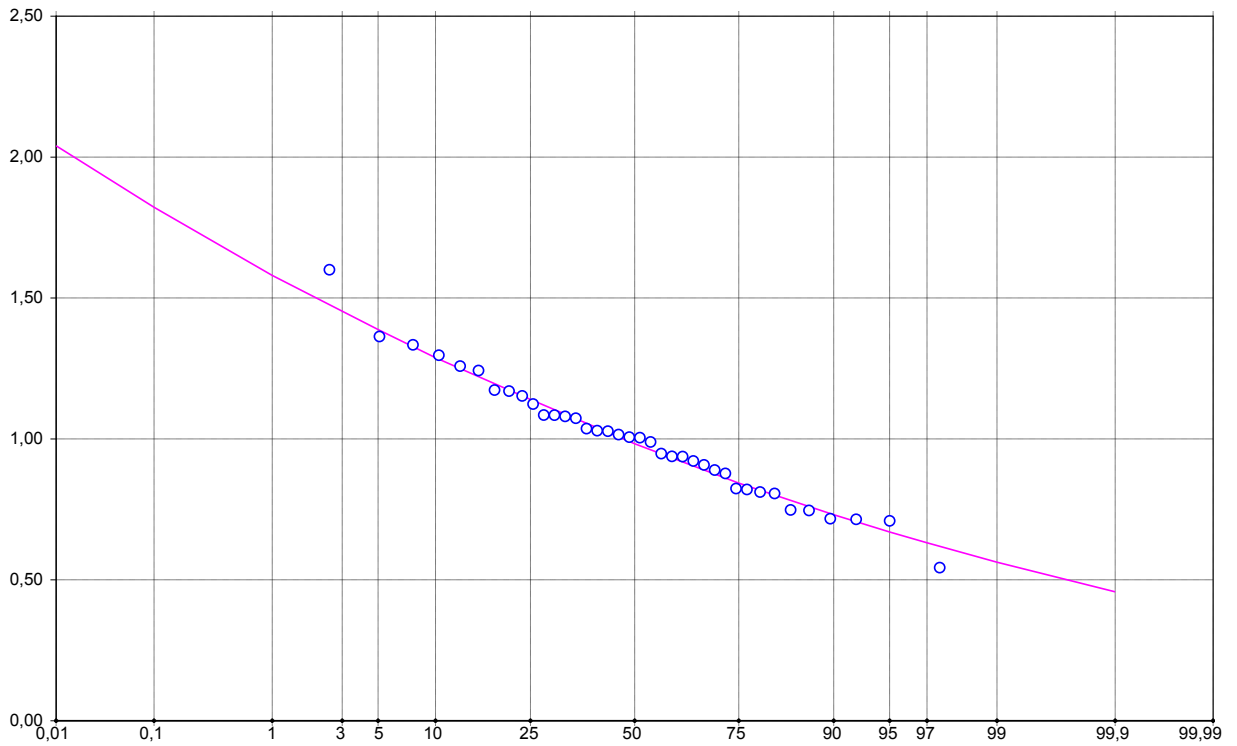


Рисунок Б.3 – Эмпирическая и аналитическая кривая среднегодовых расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1967 – 2014 гг.

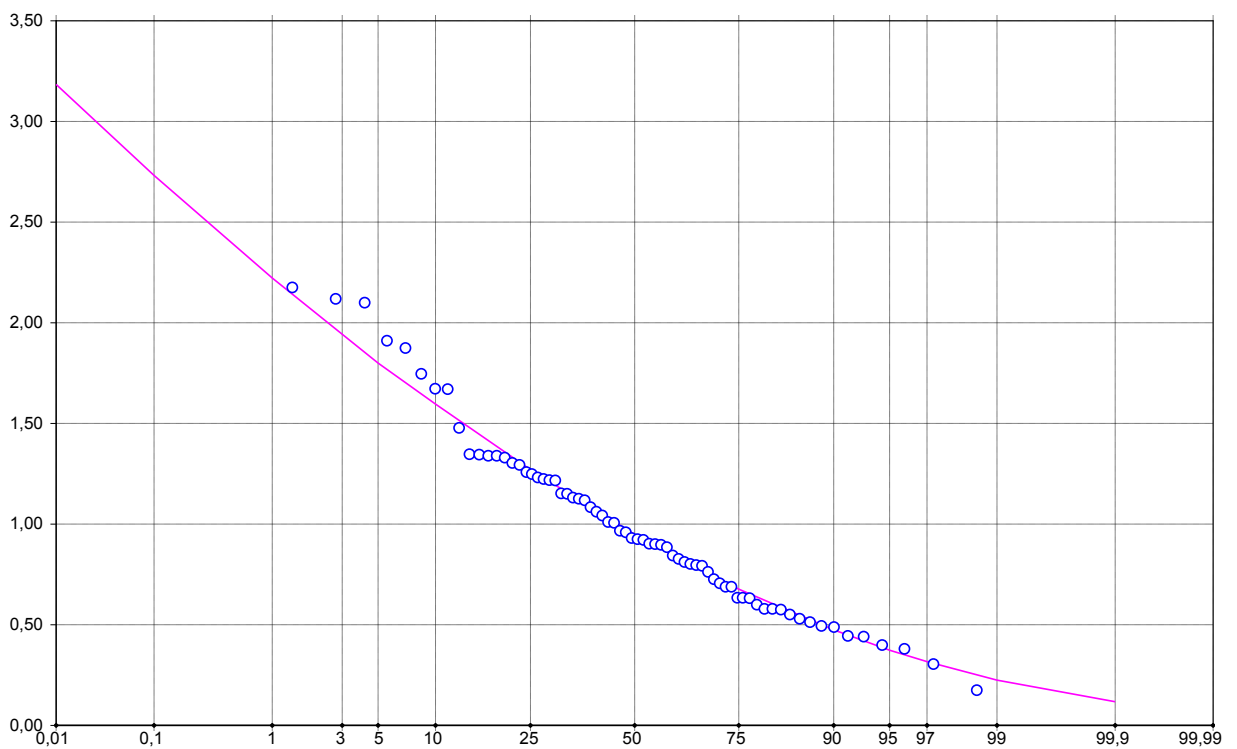


Рисунок Б.4 – Эмпирическая и аналитическая кривая максимальных расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1945 – 2014 гг.

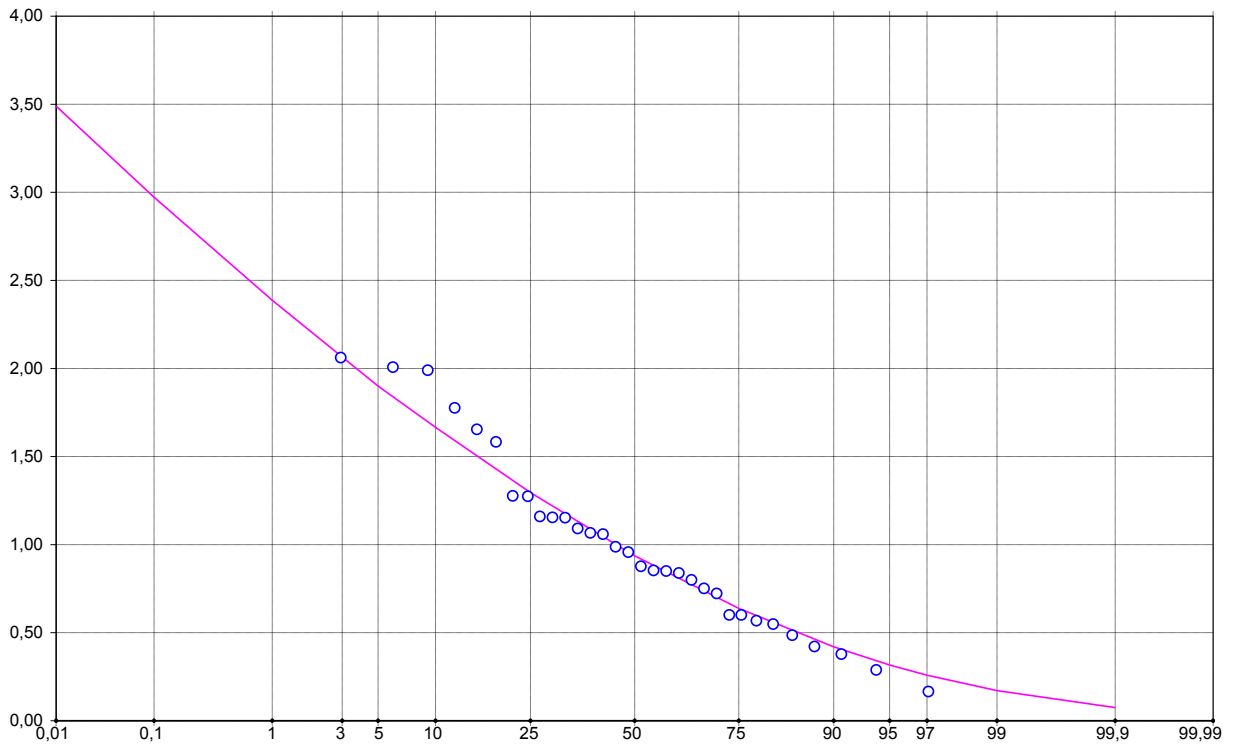


Рисунок Б.5 – Эмпирическая и аналитическая кривая максимальных расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1945 – 1976 гг.

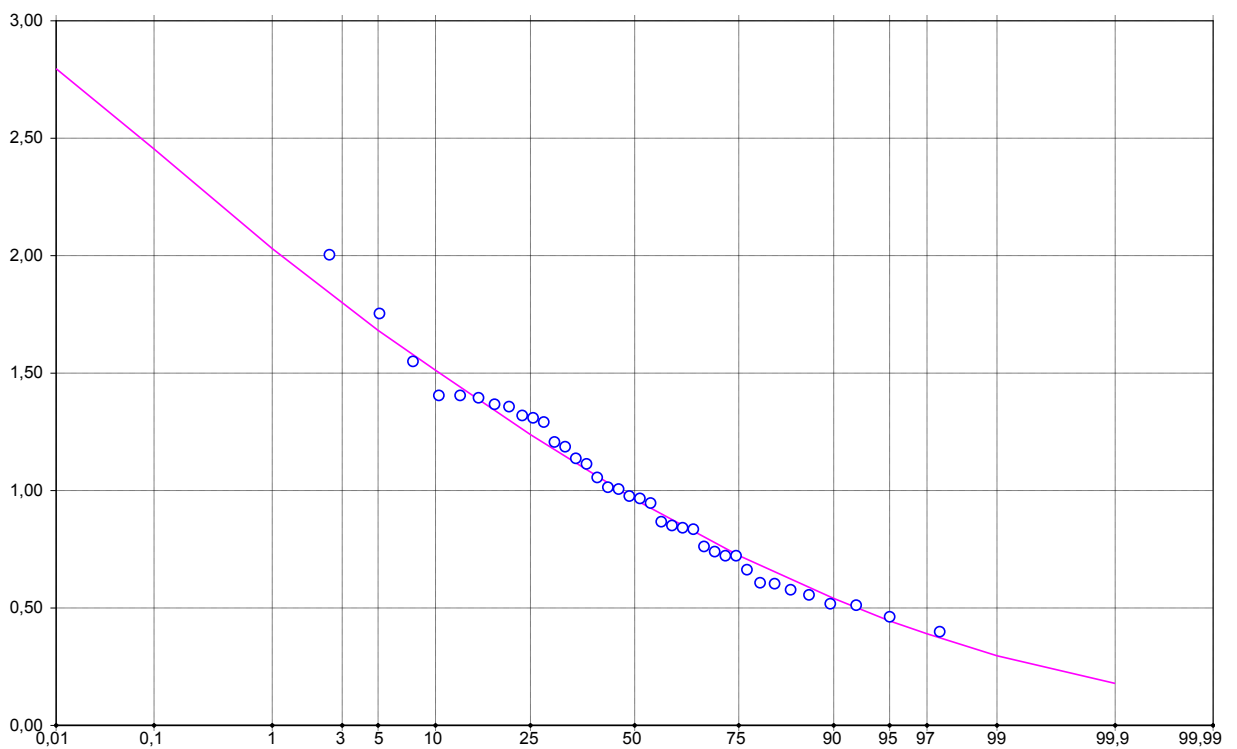


Рисунок Б –.6 Эмпирическая и аналитическая кривая среднегодовых расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1977 – 2014 гг.

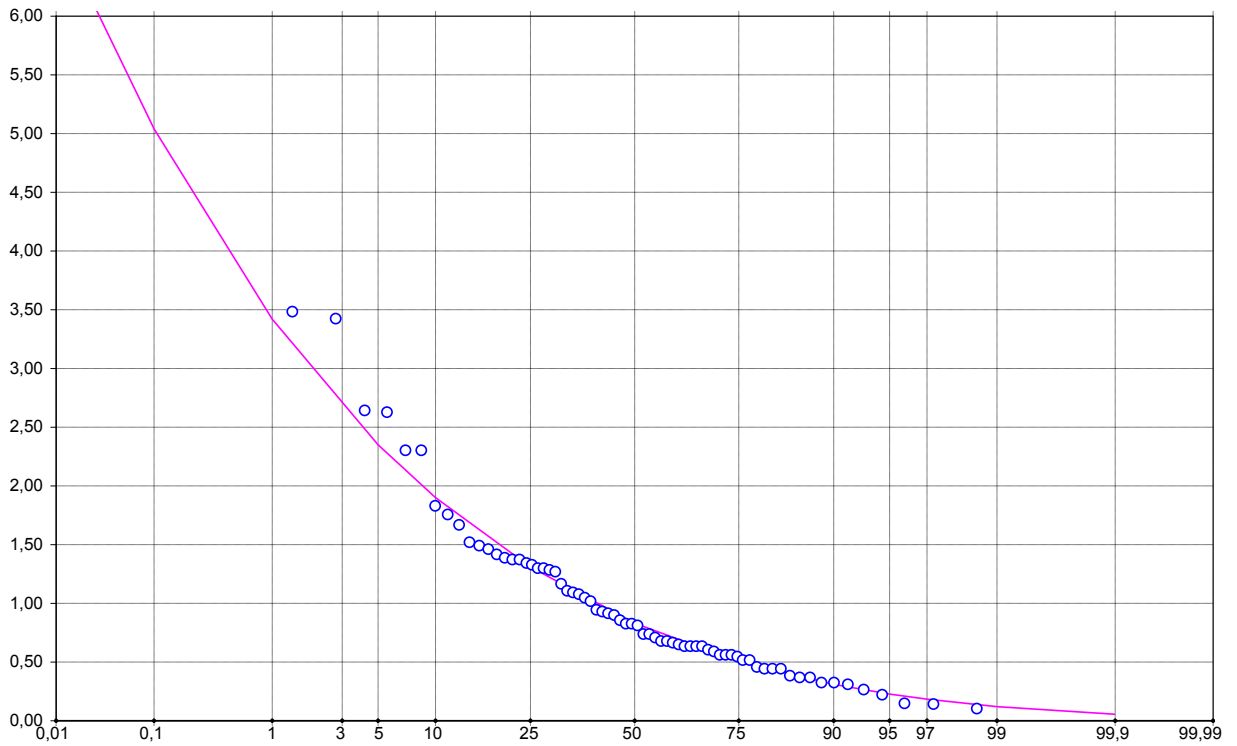


Рисунок Б.7 – Эмпирическая и аналитическая кривая минимальных расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1945 – 2014 гг.

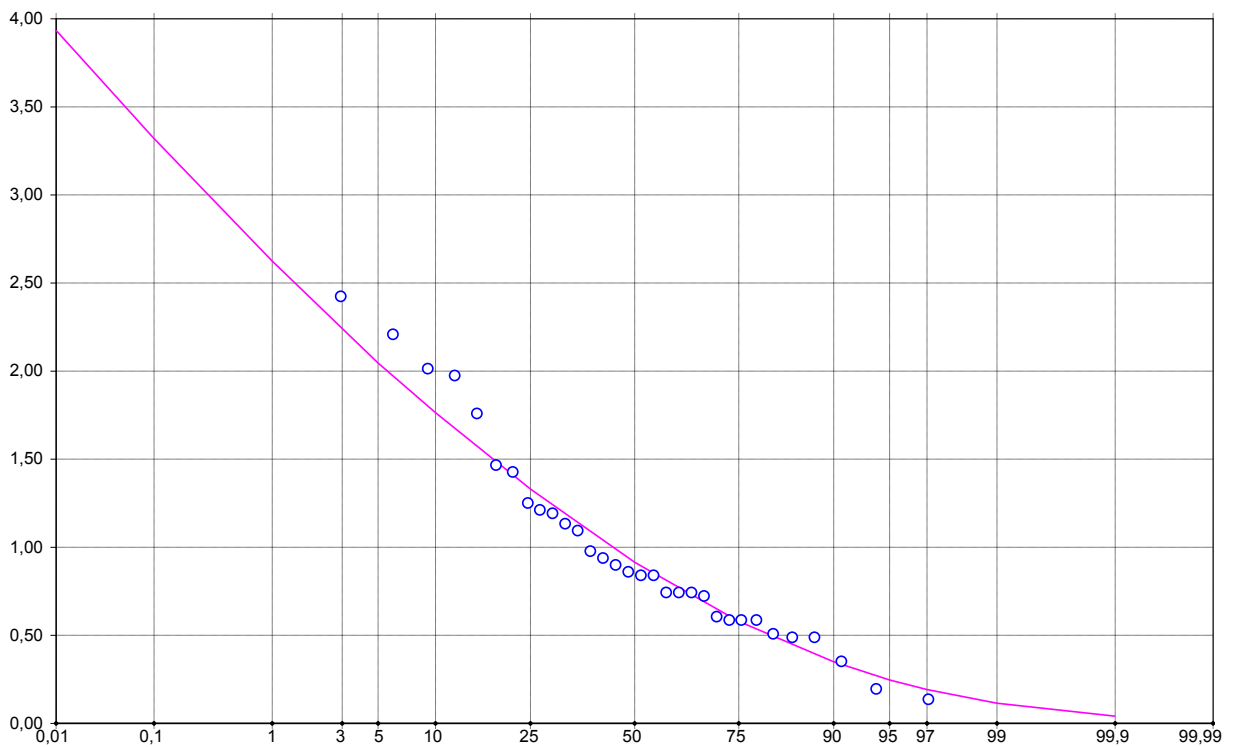


Рисунок Б.8 – Эмпирическая и аналитическая кривая минимальных расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1945 – 1976 гг.

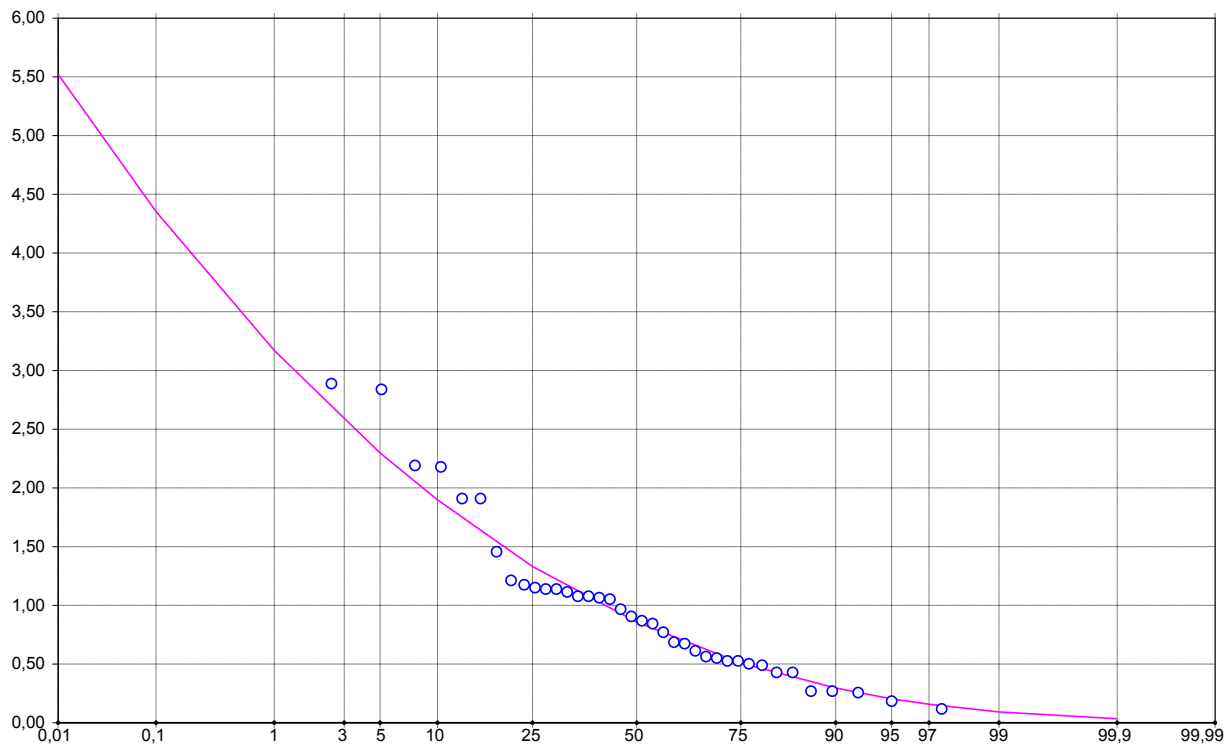


Рисунок Б –.9 Эмпирическая и аналитическая кривая минимальных расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1977 – 2014 гг.



Таблица Б.3 – Данные для построения разностно интегральной кривой  
 р. Тигода ст. Любань 1945 – 2014 гг.

№	Год	$Q$	$ki$	$ki-1$	$\Sigma(ki-1)$	$\Sigma(ki-1)/Cv$
1	1945	3,35	0,78	-0,22	-0,22	-0,78
2	1946	3,77	0,88	-0,12	-0,34	-1,21
3	1947	2,99	0,70	-0,30	-0,64	-2,29
4	1948	4,59	1,07	0,07	-0,57	-2,03
5	1949	3,04	0,71	-0,29	-0,86	-3,07
6	1950	3,64	0,85	-0,15	-1,01	-3,60
7	1951	3,76	0,88	-0,12	-1,13	-4,04
8	1952	5,17	1,21	0,21	-0,92	-3,30
9	1953	6,31	1,47	0,47	-0,45	-1,60
10	1954	2,53	0,59	-0,41	-0,85	-3,06
11	1955	4,84	1,13	0,13	-0,72	-2,59
12	1956	3,79	0,89	-0,11	-0,84	-3,00
13	1957	5,66	1,32	0,32	-0,52	-1,85
14	1958	5,33	1,25	0,25	-0,27	-0,97
15	1959	1,47	0,34	-0,66	-0,93	-3,32
16	1960	3,76	0,88	-0,12	-1,05	-3,76
17	1961	4,01	0,94	-0,06	-1,11	-3,99
18	1962	7,77	1,82	0,82	-0,30	-1,07
19	1963	2,82	0,66	-0,34	-0,64	-2,29
20	1964	2,44	0,57	-0,43	-1,07	-3,83
21	1965	2,89	0,68	-0,32	-1,39	-4,99
22	1966	6,00	1,40	0,40	-0,99	-3,55
23	1967	3,52	0,82	-0,18	-1,17	-4,19
24	1968	4,82	1,13	0,13	-1,04	-3,74
25	1969	4,13	0,96	-0,04	-1,08	-3,87
26	1970	4,33	1,01	0,01	-1,07	-3,82
27	1971	4,62	1,08	0,08	-0,99	-3,54
28	1972	2,48	0,58	-0,42	-1,41	-5,05
29	1973	1,39	0,32	-0,68	-2,08	-7,47
30	1974	4,84	1,13	0,13	-1,95	-7,00
31	1975	3,33	0,78	-0,22	-2,18	-7,80
32	1976	3,47	0,81	-0,19	-2,36	-8,48
33	1977	4,31	1,01	0,01	-2,36	-8,45
34	1978	4,88	1,14	0,14	-2,22	-7,95
35	1979	3,26	0,76	-0,24	-2,46	-8,80
36	1980	3,40	0,79	-0,21	-2,66	-9,54
37	1981	4,93	1,15	0,15	-2,51	-9,00

Продолжение таблицы Б.3

№	Год	$Q$	$ki$	$ki-1$	$\Sigma(ki-1)$	$\Sigma(ki-1)/Cv$
38	1982	5,24	1,22	0,22	-2,29	-8,19
39	1983	3,99	0,93	-0,07	-2,35	-8,44
40	1984	4,19	0,98	-0,02	-2,38	-8,51
41	1985	3,73	0,87	-0,13	-2,50	-8,97
42	1986	4,91	1,15	0,15	-2,36	-8,45
43	1987	5,65	1,32	0,32	-2,04	-7,30
44	1988	3,75	0,87	-0,13	-2,16	-7,75
45	1989	4,71	1,10	0,10	-2,06	-7,39
46	1990	6,20	1,45	0,45	-1,61	-5,78
47	1991	4,93	1,15	0,15	-1,46	-5,24
48	1992	4,57	1,07	0,07	-1,39	-5,00
49	1993	3,69	0,86	-0,14	-1,53	-5,49
50	1994	4,67	1,09	0,09	-1,44	-5,17
51	1995	5,72	1,34	0,34	-1,10	-3,96
52	1996	2,47	0,58	-0,42	-1,53	-5,48
53	1997	4,50	1,05	0,05	-1,48	-5,30
54	1998	6,06	1,42	0,42	-1,06	-3,80
55	1999	4,26	1,00	0,00	-1,07	-3,82
56	2000	4,68	1,09	0,09	-0,97	-3,48
57	2001	4,04	0,94	-0,06	-1,03	-3,68
58	2002	4,13	0,96	-0,04	-1,06	-3,81
59	2003	3,67	0,86	-0,14	-1,21	-4,33
60	2004	7,28	1,70	0,70	-0,51	-1,82
61	2005	4,27	1,00	0,00	-0,51	-1,83
62	2006	3,25	0,76	-0,24	-0,75	-2,69
63	2007	3,22	0,75	-0,25	-1,00	-3,58
64	2008	4,62	1,08	0,08	-0,92	-3,30
65	2009	5,11	1,19	0,19	-0,73	-2,61
66	2010	5,34	1,25	0,25	-0,48	-1,72
67	2011	5,90	1,38	0,38	-0,10	-0,37
68	2012	4,57	1,07	0,07	-0,03	-0,12
69	2013	5,32	1,24	0,24	0,21	0,74
70	2014	3,39	0,79	-0,21	0,00	0,00
Среднее		4,28				

Таблица Б.4 – Данные для построения разностно интегральной кривой  
р. Тигода ст. Любань 1945 – 1976 гг.

№	Год	$Q$	$ki$	$ki-1$	$\Sigma(ki-1)$	$\Sigma(ki-1)/Cv$
1	1945	3,35	0,85	-0,15	-0,15	-0,46
2	1946	3,77	0,95	-0,05	-0,20	-0,61
3	1947	2,99	0,75	-0,25	-0,45	-1,34
4	1948	4,59	1,16	0,16	-0,29	-0,87
5	1949	3,04	0,77	-0,23	-0,53	-1,56
6	1950	3,64	0,92	-0,08	-0,61	-1,81
7	1951	3,76	0,95	-0,05	-0,66	-1,96
8	1952	5,17	1,30	0,30	-0,35	-1,05
9	1953	6,31	1,59	0,59	0,24	0,71
10	1954	2,53	0,64	-0,36	-0,12	-0,37
11	1955	4,84	1,22	0,22	0,10	0,29
12	1956	3,79	0,96	-0,04	0,05	0,16
13	1957	5,66	1,43	0,43	0,48	1,43
14	1958	5,33	1,34	0,34	0,82	2,45
15	1959	1,47	0,37	-0,63	0,20	0,58
16	1960	3,76	0,95	-0,05	0,14	0,43
17	1961	4,01	1,01	0,01	0,16	0,46
18	1962	7,77	1,96	0,96	1,12	3,32
19	1963	2,82	0,71	-0,29	0,83	2,46
20	1964	2,44	0,62	-0,38	0,44	1,32
21	1965	2,89	0,73	-0,27	0,17	0,51
22	1966	6	1,51	0,51	0,68	2,04
23	1967	3,52	0,89	-0,11	0,57	1,70
24	1968	4,82	1,22	0,22	0,79	2,35
25	1969	4,13	1,04	0,04	0,83	2,47
26	1970	4,33	1,09	0,09	0,92	2,74
27	1971	4,62	1,17	0,17	1,09	3,24
28	1972	2,48	0,63	-0,37	0,71	2,12
29	1973	1,39	0,35	-0,65	0,06	0,19
30	1974	4,84	1,22	0,22	0,28	0,85
31	1975	3,33	0,84	-0,16	0,12	0,37
32	1976	3,47	0,88	-0,12	0,00	0,00
Среднее		3,96				

Таблица Б.5 – Данные для построения разностно интегральной кривой  
 р. Тигода ст. Любань 1977 –2014 гг.

№	Год	$Q$	$ki$	$ki-1$	$\Sigma(ki-1)$	$\Sigma(ki-1)/Cv$
1	1977	4,31	0,95	-0,05	-0,05	-0,24
2	1978	4,88	1,07	0,07	0,02	0,10
3	1979	3,26	0,72	-0,28	-0,26	-1,22
4	1980	3,40	0,75	-0,25	-0,51	-2,39
5	1981	4,93	1,08	0,08	-0,43	-2,00
6	1982	5,24	1,15	0,15	-0,28	-1,29
7	1983	3,99	0,88	-0,12	-0,40	-1,86
8	1984	4,19	0,92	-0,08	-0,48	-2,23
9	1985	3,73	0,82	-0,18	-0,66	-3,06
10	1986	4,91	1,08	0,08	-0,58	-2,69
11	1987	5,65	1,24	0,24	-0,34	-1,56
12	1988	3,75	0,82	-0,18	-0,51	-2,38
13	1989	4,71	1,04	0,04	-0,48	-2,21
14	1990	6,20	1,36	0,36	-0,11	-0,52
15	1991	4,93	1,08	0,08	-0,03	-0,13
16	1992	4,57	1,00	0,00	-0,02	-0,11
17	1993	3,69	0,81	-0,19	-0,21	-0,99
18	1994	4,67	1,03	0,03	-0,19	-0,86
19	1995	5,72	1,26	0,26	0,07	0,34
20	1996	2,47	0,54	-0,46	-0,38	-1,79
21	1997	4,50	0,99	-0,01	-0,39	-1,84
22	1998	6,06	1,33	0,33	-0,06	-0,28
23	1999	4,26	0,94	-0,06	-0,12	-0,58
24	2000	4,68	1,03	0,03	-0,09	-0,44
25	2001	4,04	0,89	-0,11	-0,21	-0,96
26	2002	4,13	0,91	-0,09	-0,30	-1,39
27	2003	3,67	0,81	-0,19	-0,49	-2,29
28	2004	7,28	1,60	0,60	0,11	0,50
29	2005	4,27	0,94	-0,06	0,05	0,22
30	2006	3,25	0,71	-0,29	-0,24	-1,11
31	2007	3,22	0,71	-0,29	-0,53	-2,46
32	2008	4,62	1,02	0,02	-0,51	-2,39
33	2009	5,11	1,12	0,12	-0,39	-1,82
34	2010	5,34	1,17	0,17	-0,22	-1,01
35	2011	5,90	1,30	0,30	0,08	0,37

Продолжение таблицы Б.5

№	Год	$Q$	$ki$	$ki-1$	$\Sigma(ki-1)$	$\Sigma(ki-1)/Cv$
36	2012	4,57	1,01	0,01	0,08	0,39
37	2013	5,32	1,17	0,17	0,25	1,18
38	2014	3,39	0,75	-0,25	0,00	0,00
Среднее		4,55				

## Приложение В

### Годовое распределение стока

Таблица В.1 – Ранжированные расходы за водохозяйственный год, лимитирующий период и сезон р. Тигода ст. Любань за 1945 – 1976 гг.

В/х год		Лим. Период		Лим. Сезон		P, %
Год	$\Sigma Q_{\Gamma}$	Год	$\Sigma Q_{\text{лп}}$	Год	$\Sigma Q_{\text{лс}}$	
1962/1963	90,9	1962/1963	47,7	1974/1975	18,7	3,0
1953/1954	73,5	1974/1975	41,8	1960/1961	16,2	6,1
1966/1967	71,6	1953/1954	40,7	1970/1971	11,4	9,1
1974/1975	68,4	1952/1953	39,6	1948/1949	7,94	12,1
1957/1958	67,8	1957/1958	31,7	1950/1951	7,91	15,2
1958/1959	63,7	1970/1971	29,1	1954/1955	7,19	18,2
1952/1953	62,8	1948/1949	27,1	1949/1950	6,57	21,2
1968/1969	58,1	1945/1946	24,3	1953/1954	6,18	24,2
1970/1971	56,6	1958/1959	23,9	1952/1953	5,91	27,3
1948/1949	55,1	1950/1951	23,6	1961/1962	5,47	30,3
1955/1956	54,3	1960/1961	22,9	1969/1970	4,61	33,3
1971/1972	50,3	1968/1969	19,5	1962/1963	4,57	36,4
1969/1970	49,4	1949/1950	16,8	1956/1957	4,52	39,4
1960/1961	49,3	1954/1955	16,5	1976/1977	4,36	42,4
1956/1957	46,9	1961/1962	16,1	1957/1958	4,19	45,5
1961/1962	46,5	1976/1977	14,6	1947/1948	3,89	48,5
1951/1952	45,2	1947/1948	14,4	1958/1959	3,19	51,5
1946/1947	44,8	1966/1967	11,5	1951/1952	3,18	54,5
1950/1951	44,7	1969/1970	11,1	1973/1974	2,38	57,6
1967/1968	42,5	1963/1964	10,7	1968/1969	2,27	60,6
1976/1977	42,3	1967/1968	9,68	1967/1968	1,96	63,6
1945/1946	40,9	1946/1947	9,52	1972/1973	1,93	66,7
1947/1948	37,5	1971/1972	9,02	1964/1965	1,88	69,7
1949/1950	35,6	1973/1974	8,38	1945/1946	1,68	72,7
1965/1966	34,5	1955/1956	8,00	1946/1947	1,54	75,8
1954/1955	34,1	1956/1957	7,88	1963/1964	1,54	78,8
1963/1964	34,0	1951/1952	7,82	1965/1966	1,48	81,8
1972/1973	29,7	1964/1965	7,28	1955/1956	1,39	84,8
1964/1965	29,6	1965/1966	6,17	1966/1967	1,07	87,9
1975/1976	28,8	1959/1960	5,86	1971/1972	1,04	90,9
1973/1974	17,7	1972/1973	4,45	1975/1976	1,03	93,9
1959/1960	16,4	1975/1976	3,05	1959/1960	1,01	97,0

Таблица В.2 – Ранжированные расходы за водохозяйственный год, лимитирующий период и сезон р. Тигода ст. Любань за 1977 – 2014 гг.

В/х год		Лим. Период		Лим. Сезон		P, %
Год	$\Sigma Q_{\Gamma}$	Год	$\Sigma Q_{\text{лп}}$	Год	$\Sigma Q_{\text{лс}}$	
2004/2005	97,5	2004/2005	54,7	1989/1990	25,1	2,6
2011/2012	73,1	1987/1988	41,7	2006/2007	21,0	5,1
1987/1988	71,2	2009/2010	36,9	2004/2005	20,0	7,7
1998/1999	70,9	2003/2004	35,2	2011/2012	17,6	10,3
2013/2014	69,6	1989/1990	34,9	2013/2014	17,4	12,8
1982/1983	66,9	2000/2001	33,3	1988/1989	17,1	15,4
2010/2011	66,6	1998/1999	33,1	2001/2002	15,9	17,9
1991/1992	64,4	2006/2007	31,7	1982/1983	12,9	20,5
1989/1990	63,4	2013/2014	29,6	1991/1992	12,3	23,1
1995/1996	63,0	1982/1983	29,1	2008/2009	11,7	25,6
1994/1995	61,7	1990/1991	28,9	2003/2004	11,4	28,2
2001/2002	60,8	1988/1989	28,0	1983/1984	11,4	30,8
2009/2010	60,2	1981/1982	27,5	2009/2010	9,8	33,3
1981/1982	58,7	2012/2013	26,0	2000/2001	9,7	35,9
1978/1979	58,3	2001/2002	25,4	2012/2013	9,6	38,5
1986/1987	58,0	1991/1992	25,0	1994/1995	8,0	41,0
1997/1998	57,4	1994/1995	25,0	1980/1981	7,8	43,6
1988/1989	56,9	2011/2012	24,3	1990/1991	7,6	46,2
2000/2001	56,8	1978/1979	24,2	1997/1998	7,4	48,7
2008/2009	55,4	2008/2009	22,8	1981/1982	7,3	51,3
1990/1991	55,2	1986/1987	22,7	2010/2011	6,9	53,8
2006/2007	53,5	1997/1998	20,7	1987/1988	6,7	56,4
2012/2013	53,4	2010/2011	18,5	1996/1997	6,1	59,0
1977/1978	51,7	1977/1978	18,4	1992/1993	5,7	61,5
1992/1993	50,6	1985/1986	17,6	2007/2008	4,5	64,1
1999/2000	49,4	1980/1981	17,0	1979/1980	4,2	66,7
2003/2004	47,8	1983/1984	15,9	1998/1999	4,2	69,2
1983/1984	47,5	1996/1997	13,7	1986/1987	3,4	71,8
1985/1986	45,5	1984/1985	12,9	1977/1978	3,0	74,4
1984/1985	44,2	1993/1994	10,4	1999/2000	2,8	76,9
1980/1981	43,5	1979/1980	10,2	1985/1986	2,7	79,5
1993/1994	40,2	1992/1993	7,7	1978/1979	2,7	82,1
1979/1980	39,3	2007/2008	6,7	1984/1985	2,2	84,6
2005/2006	38,0	2005/2006	6,7	2005/2006	2,2	87,2

Продолжение таблицы В.2

В/х год		Лим. Период		Лим. Сезон		P, %
Год	$\Sigma Q_{\Gamma}$	Год	$\Sigma Q_{\text{лп}}$	Год	$\Sigma Q_{\text{лс}}$	
2002/2003	35,0	1995/1996	5,7	1995/1996	1,1	89,7
1996/1997	31,0	1999/2000	5,0	1993/1994	0,9	92,3
2007/2008	26,2	2002/2003	2,2	2002/2003	0,5	94,9



Таблица В.3 – Среднемесячные расходы воды за водохозяйственный год р. Тигода ст. Любань за 1945 – 1976 гг.

год	Не лимитирующий период			Лимитирующий период									$\Sigma Q_{\Gamma}$	$\Sigma Q_{\text{лп}}$	$\Sigma Q_{\text{лс}}$
				Не лимитирующий сезон						Лимитирующий сезон					
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2			
1945/1946	0,18	9,79	6,62	3,3	1,19	0,81	3,1	9,16	5,04	0,81	0,58	0,29	40,87	24,28	1,68
1946/1947	0,27	21,6	13,4	2,78	0,53	0,43	0,77	1,42	2,05	1,16	0,25	0,13	44,79	9,52	1,54
1947/1948	0,1	14,6	8,41	6,55	1,17	0,59	0,42	0,59	1,18	1,9	1,05	0,94	37,5	14,39	3,89
1948/1949	0,75	22,8	4,49	0,56	0,45	0,43	0,89	5,9	10,9	5,88	1,07	0,99	55,11	27,07	7,94
1949/1950	1,1	14,4	3,39	3,63	1,41	0,41	0,8	1,76	2,17	5,37	0,65	0,55	35,64	16,75	6,57
1950/1951	0,8	16,1	4,19	3,34	1,06	0,79	0,99	2,47	7,0	5,73	1,3	0,88	44,65	23,56	7,91
1951/1952	0,65	33,7	3,03	1,1	2,1	0,46	0,31	0,31	0,36	0,9	1,42	0,86	45,2	7,82	3,18
1952/1953	0,64	17,5	5,05	1,09	0,53	0,57	4,19	16,8	10,5	2,85	2,18	0,88	62,78	39,59	5,91
1953/1954	1,15	28,6	3,04	3,93	1,77	4,97	7,62	12	4,25	5,28	0,52	0,38	73,51	40,72	6,18
1954/1955	0,95	8,97	7,65	1,39	0,7	0,68	0,8	1,54	4,24	2,56	2,21	2,42	34,11	16,54	7,19
1955/1956	1,39	7,64	37,3	3,46	0,71	0,48	0,49	0,67	0,8	0,54	0,53	0,32	54,33	8,00	1,39
1956/1957	0,38	11,6	27	0,77	0,34	0,38	0,43	0,65	0,79	2,26	0,83	1,43	46,86	7,88	4,52
1957/1958	0,84	25	10,3	2,06	0,64	4,59	7,13	8,53	4,55	2,02	1,5	0,67	67,83	31,69	4,19
1958/1959	0,62	19,2	20	2,07	1,1	3,36	1,05	8,6	4,52	1,24	0,79	1,16	63,71	23,89	3,19
1959/1960	2,63	3,99	3,91	0,72	0,59	0,31	0,41	1,32	1,5	0,33	0,37	0,31	16,39	5,86	1,01
1960/1961	0,28	21,4	4,72	0,73	0,79	0,31	1,0	1,18	2,74	11,3	3,41	1,44	49,3	22,9	16,15
1961/1962	10,1	15,8	4,51	0,49	0,42	3,42	3,37	1,27	1,64	2,21	1,74	1,52	46,49	16,08	5,47
1962/1963	1,03	33	9,12	3,7	4,9	2,43	16,6	4,6	10,9	3,68	0,51	0,38	90,85	47,7	4,57
1963/1964	0,33	16,4	6,6	0,56	0,43	0,49	0,41	2,61	4,62	0,55	0,6	0,39	33,99	10,66	1,54

Продолжение таблицы В.3

год	Не лимитирующий период			Лимитирующий период									$\Sigma Q_{\Gamma}$	$\Sigma Q_{\text{лп}}$	$\Sigma Q_{\text{лс}}$
				Не лимитирующий сезон						Лимитирующий сезон					
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2			
1964/1965	0,33	14,9	7,07	3,08	0,33	0,36	0,32	0,5	0,81	0,65	0,62	0,61	29,58	7,28	1,88
1965/1966	0,54	19,8	7,95	0,78	0,33	0,9	0,58	1,11	0,99	0,48	0,44	0,56	34,46	6,17	1,48
1966/1967	0,66	31,4	28	0,81	0,72	0,92	1,44	5,04	1,5	0,54	0,26	0,27	71,56	11,5	1,07
1967/1968	3,18	21,8	7,88	0,94	0,42	0,37	0,38	1,68	3,93	1,11	0,42	0,43	42,54	9,68	1,96
1968/1969	3,17	27,9	7,5	0,58	2,23	0,43	0,99	4,07	8,91	1,22	0,66	0,39	58,05	19,48	2,27
1969/1970	0,37	19,8	18,1	1,37	0,36	0,19	0,34	0,67	3,57	3,74	0,5	0,37	49,38	11,11	4,61
1970/1971	0,45	20	7,05	0,61	0,51	0,92	1,93	5,68	8,06	5,88	2,02	3,51	56,62	29,12	11,41
1971/1972	1,31	33,5	6,49	5,15	0,56	0,51	0,37	0,64	0,75	0,61	0,23	0,2	50,32	9,02	1,04
1972/1973	1,06	20	4,15	0,61	0,32	0,17	0,18	0,44	0,8	1,54	0,19	0,2	29,66	4,45	1,93
1973/1974	0,78	6,09	2,48	1,55	0,35	0,22	0,56	1,00	2,32	0,9	0,85	0,63	17,73	8,38	2,38
1974/1975	1,29	15,4	9,92	2,13	3,47	4,03	0,81	3,24	9,41	6,92	9,42	2,38	68,42	41,81	18,72
1975/1976	7,47	16,6	1,67	0,67	0,41	0,25	0,22	0,24	0,23	0,39	0,4	0,24	28,79	3,05	1,03
1976/1977	0,24	16,4	11	4,81	1,45	0,51	1,28	0,7	1,51	3,15	0,73	0,48	42,26	14,62	4,36

Таблица В.4 – Среднемесячные расходы воды за водохозяйственный год р. Тигода ст. Любань за 1977 –2014гг.

год	Не лимитирующий период			Лимитирующий период									$\Sigma Q_{г}$	$\Sigma Q_{лп}$	$\Sigma Q_{лс}$
				Не лимитирующий сезон						Лимитирующий сезон					
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2			
1977/1978	1,55	24,4	7,34	0,79	0,37	0,84	0,87	5,02	7,53	1,76	0,72	0,5	51,7	18,4	2,98
1978/1979	1,32	29	3,7	0,51	0,55	3,48	5	4,05	7,99	1,79	0,44	0,43	58,3	24,2	2,66
1979/1980	1,11	17,9	10,1	0,43	0,52	0,61	0,67	1,08	2,61	3,2	0,6	0,43	39,3	10,2	4,23
1980/1981	0,48	18,4	7,62	0,54	0,5	0,56	0,65	1,3	5,61	4,09	2,35	1,36	43,5	17,0	7,80
1981/1982	2,65	21,1	7,36	4,13	0,47	0,36	0,97	4,82	9,54	4,01	2,01	1,23	58,7	27,5	7,25
1982/1983	3,25	30,5	4,03	1	0,85	0,46	1,02	3,16	9,69	5,7	5,13	2,1	66,9	29,1	12,9
1983/1984	4,74	23,8	3,05	0,54	0,33	0,24	0,22	0,88	2,31	4,48	5,03	1,84	47,5	15,9	11,4
1984/1985	0,93	26	4,42	0,63	0,38	0,32	0,74	3,86	4,71	1,4	0,47	0,35	44,2	12,9	2,22
1985/1986	0,63	17,9	9,31	3,25	0,74	0,54	0,97	3,36	6,05	1,24	0,9	0,56	45,5	17,6	2,70
1986/1987	2,57	26,1	6,69	0,43	0,58	0,26	8,29	4,54	5,12	2,89	0,26	0,29	58,0	22,7	3,44
1987/1988	0,34	12,3	16,9	6,68	4,15	10,2	8,45	3,99	1,48	2,75	3,45	0,51	71,2	41,7	6,71
1988/1989	0,76	22,7	5,35	1,22	0,93	1,71	1,29	2,16	3,59	1,27	3,77	12,1	56,9	28,0	17,1
1989/1990	18,9	8,26	1,39	0,39	0,43	1,17	0,61	2,35	4,82	2,36	2,36	20,4	63,4	34,9	25,1
1990/1991	20	5,53	0,77	0,51	1,15	1,39	4,89	7,15	6,24	4	2,36	1,21	55,2	28,9	7,57
1991/1992	4,6	27,7	7,08	6,19	0,79	0,36	0,43	0,48	4,51	3,47	6,48	2,33	64,4	25,0	12,3
1992/1993	10,4	22,7	9,83	0,4	0,3	0,18	0,17	0,36	0,59	1,06	2,37	2,26	50,6	7,7	5,69
1993/1994	4,93	20,59	4,31	0,70	0,50	1,31	1,47	4,02	1,50	0,32	0,41	0,16	40,2	10,4	0,88
1994/1995	2,03	26,00	8,67	5,33	0,73	0,52	2,14	4,60	3,71	1,77	2,33	3,91	61,7	25,0	8,01
1995/1996	18,64	27,50	11,21	2,30	0,51	0,41	0,36	0,43	0,59	0,47	0,37	0,25	63,0	5,7	1,08
1996/1997	0,25	9,54	7,47	1,46	2,42	0,65	0,27	0,42	2,43	4,11	0,67	1,28	31,0	13,7	6,06
1997/1998	10,40	15,31	11,00	2,96	0,50	0,16	0,14	0,89	8,68	1,96	2,91	2,48	57,4	20,7	7,35

Продолжение таблицы В.4

год	Не лимитирующий период			Лимитирующий период								$\Sigma Q_{г}$	$\Sigma Q_{лп}$	$\Sigma Q_{лс}$	
				Не лимитирующий сезон				Лимитирующий сезон							
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1				2
1998/1999	4,05	21,60	12,15	6,88	7,61	5,84	2,29	2,85	3,41	0,71	2,07	1,43	70,9	33,1	4,20
1999/2000	1,91	36,25	6,26	0,68	0,26	0,26	0,26	0,29	0,48	1,01	0,97	0,82	49,4	5,0	2,80
2000/2001	1,97	18,94	2,65	0,83	9,09	2,14	2,02	1,54	7,94	7,25	1,48	1,00	56,8	33,3	9,73
2001/2002	2,49	28,70	4,16	2,21	0,68	0,15	0,13	0,61	5,74	1,17	1,43	13,30	60,8	25,4	15,9
2002/2003	11,20	18,80	2,84	0,39	0,31	0,16	0,17	0,28	0,40	0,24	0,12	0,1	35,0	2,2	0,46
2003/2004	0,68	5,79	6,13	0,78	2,95	1,06	2,88	9,62	6,52	7,37	2,86	1,13	47,8	35,2	11,4
2004/2005	6	30,9	5,85	5,55	12,9	1,23	2,22	4,67	8,13	5,86	11,8	2,34	97,5	54,7	20,0
2005/2006	0,87	18,8	11,6	2,25	0,47	0,21	0,15	0,25	1,16	1,28	0,65	0,26	38,0	6,7	2,19
2006/2007	0,24	16,1	5,48	6,31	0,17	0,09	0,14	0,36	3,64	5,56	13,7	1,72	53,5	31,7	21,0
2007/2008	8,46	6,36	4,61	0,4	0,36	0,15	0,19	0,44	0,67	1,63	0,74	2,16	26,2	6,7	4,53
2008/2009	7,72	21,9	2,91	0,3	0,26	0,74	1,15	2,09	6,56	8,86	1,8	1,06	55,4	22,8	11,7
2009/2010	0,59	18,4	4,29	2,73	0,92	1,26	2,1	9,01	11,1	8,04	1,20	0,57	60,2	36,9	9,81
2010/2011	0,88	40,40	6,81	4,19	0,97	0,23	0,24	0,60	5,40	2,53	2,50	1,86	66,6	18,5	6,89
2011/2012	1,09	37,90	9,82	1,07	0,42	0,64	0,53	2,00	2,03	10,90	6,14	0,57	73,1	24,3	17,6
2012/2013	0,55	20,00	6,83	1,27	0,39	0,49	0,72	3,17	10,40	4,36	3,73	1,48	53,4	26,0	9,57
2013/2014	0,57	24,20	15,30	3,01	1,48	0,89	0,23	0,50	6,09	6,33	9,25	1,78	69,6	29,6	17,4

Таблица В.5 – Ординаты эмпирической и аналитической кривой годовых сумм расходов р. Тигода ст. Любань за 1945 – 1976 гг.

Ординаты аналитической кривой			Ординаты эмпирической кривой		
<i>P</i> ,%	<i>K</i>	<i>Q</i> ,м <sup>3</sup> /с	№	<i>P</i> ,%	<i>Q</i> ,м <sup>3</sup> /с
0,01	2,44	116	1	3,0	40,9
0,1	2,18	104	2	6,1	44,8
0,3	2,04	97,0	3	9,1	37,5
0,5	1,96	93,5	4	12,1	55,1
1	1,87	88,9	5	15,2	35,6
3	1,69	80,3	6	18,2	44,7
5	1,59	75,8	7	21,2	45,2
10	1,46	69,3	8	24,2	62,8
20	1,29	61,4	9	27,3	73,5
25	1,22	58,3	10	30,3	34,1
30	1,17	55,7	11	33,3	54,3
40	1,07	50,8	12	36,4	46,9
50	0,98	46,6	13	39,4	67,8
60	0,89	42,5	14	42,4	63,7
70	0,80	38,3	15	45,5	16,4
75	0,76	36,0	16	48,5	49,3
80	0,70	33,5	17	51,5	46,5
90	0,57	27,3	18	54,5	90,9
95	0,48	22,7	19	57,6	34,0
97	0,42	19,9	20	60,6	29,6
99	0,32	15,3	21	63,6	34,5
99,5	0,27	13,0	22	66,7	71,6
99,7	0,24	11,6	23	69,7	42,5
99,9	0,19	9,11	24	72,7	58,1
			25	75,8	49,4
			26	78,8	56,6
			27	81,8	50,3
			28	84,8	29,7
			29	87,9	17,7
			30	90,9	68,4
			31	93,9	28,8
			32	97,0	42,3

Таблица В.5 – Ординаты эмпирической и аналитической кривой годовых сумм расходов р. Тигода ст. Любань за 1977 –2014гг.

Ординаты аналитической кривой			Ординаты эмпирической кривой					
<i>P</i> ,%	<i>K</i>	<i>Q</i> ,м <sup>3</sup> /с	№	<i>P</i> ,%	<i>Q</i> ,м <sup>3</sup> /с	№	<i>P</i> ,%	<i>Q</i> ,м <sup>3</sup> /с
0,01	2,85	157	1	2,6	51,7	25	65,8	60,8
0,1	2,50	138	2	5,3	58,3	26	68,4	35,0
0,3	2,30	127	3	7,9	39,3	27	71,1	47,8
0,5	2,21	122	4	10,5	43,5	28	73,7	97,5
1	2,06	114	5	13,2	58,7	29	76,3	38,0
3	1,83	101	6	15,8	66,9	30	78,9	53,5
5	1,70	93,9	7	18,4	47,5	31	81,6	26,2
10	1,53	84,2	8	21,1	44,2	32	84,2	55,4
20	1,31	72,5	9	23,7	45,5	33	86,8	60,2
25	1,24	68,7	10	26,3	58,0	34	89,5	66,6
30	1,18	64,9	11	28,9	71,2	35	92,1	73,1
40	1,06	58,5	12	31,6	56,9	36	94,7	53,4
50	0,96	53,0	13	34,2	63,4	37	97,4	69,6
60	0,86	47,7	14	36,8	55,2			
70	0,77	42,3	15	39,5	64,4			
75	0,72	39,5	16	42,1	50,6			
80	0,66	36,5	17	44,7	40,2			
90	0,53	29,2	18	47,4	61,7			
95	0,43	23,8	19	50,0	63,0			
97	0,38	20,8	20	52,6	31,0			
99	0,28	15,6	21	55,3	57,4			
99,5	0,24	13,1	22	57,9	70,9			
99,7	0,22	12,0	23	60,5	49,4			
99,9	0,17	9,12	24	63,2	56,8			

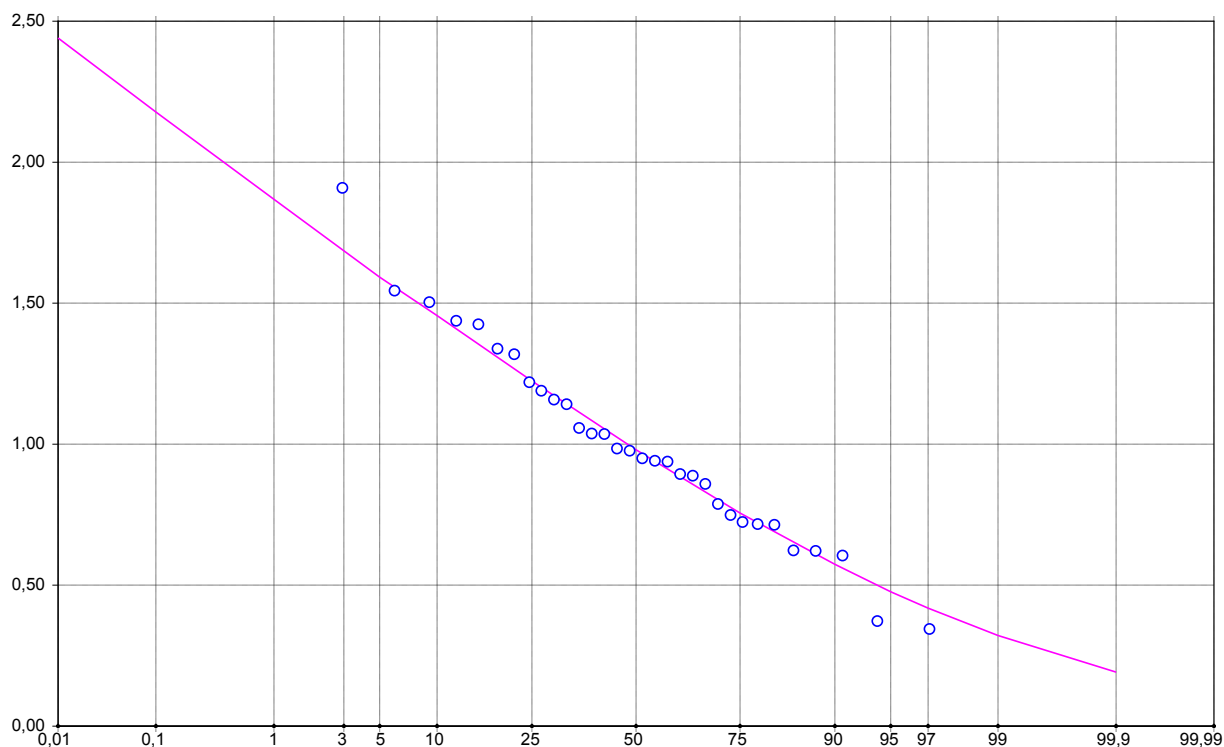


Рисунок В.1 – Эмпирическая и аналитическая кривая годовых сумм расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1945 –1976 гг.

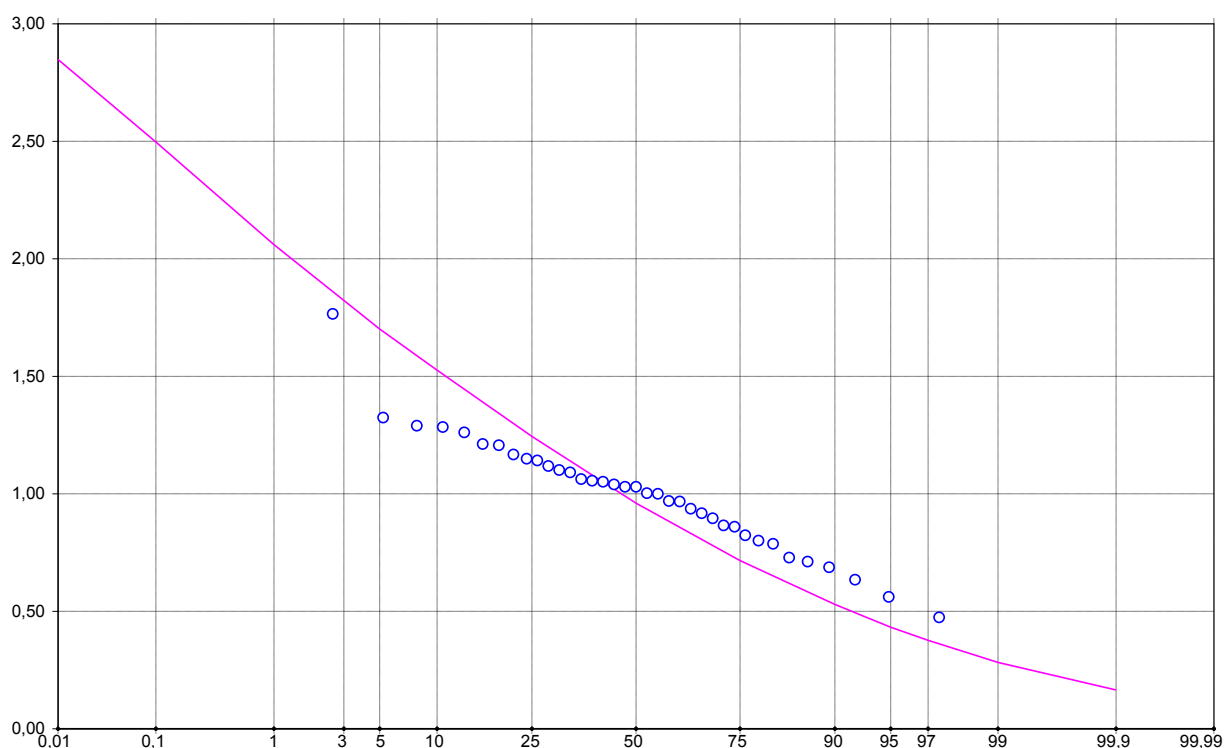


Рисунок В.2 – Эмпирическая и аналитическая кривая годовых сумм расходов воды р. Тигода ст. Любань за 1977 – 2014 гг.