



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
Тосна в современных условиях**

Исполнитель Бовдуй Иван Евгеньевич
(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» 08 2016г.

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
Тосна в современных условиях**

Исполнитель Бовдуй Иван Евгеньевич
(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	
1	Краткая физико-географическая характеристика Северо-Западного региона	4
1.1	Рельеф	4
1.2	Геологическое строение	6
1.3	Почвенный покров	9
1.4	Растительность	12
2	Климат Северо-Западного региона	14
2.1	Радиационный баланс	14
2.2	Температура воздуха	15
2.3	Осадки	17
2.4	Снежный покров	20
2.5	Влажность воздуха	21
2.6	Ветер	22
2.7	Многолетнее распределение метеорологических данных	23
3	Годовой сток	27
3.1	Построение разностных интегральных кривых	34
3.2	Квантильный анализ	35
4	Минимальный сток	42
5	Максимальный сток	45
6	Внутригодовое распределение стока	48
	Заключение	55
	Список литературы	57
	Приложения А – метеорологические данные	58
	Приложение Б – построение аналитических и эмпирических кривых распределения	64
	Приложение В – внутригодовое распределение	89

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 Тосна в современных условиях. Для решения поставленной задачи в работе использовались данные наблюдений над расходами воды реки Тосна с 1946 по 2014 год.

1. КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

1.1. Рельеф

Территория Северо-западного региона по характеру рельефа можно разделить на две части: 1) северо-западную – низменную и 2) восточную, юго-восточную и южную – возвышенную. Северо-западная часть расположена в большей своей частью в пределах Прибалтийской низменности, уходящей на западе на территорию Эстонии и Латвии, а на севере и северо-востоке – в Карелию.

Прибалтийская низменность – довольно однообразная слабоволнистая равнина, на которой явно выделяется ряд возвышенностей и понижений. Абсолютные отметки поверхности в среднем составляют 50-100 м, однако наиболее значительные возвышенности достигают 200-300 м. К ним относятся: возвышенность в центральной части Карельского перешейка, Силурийское плато в центральной части Ленинградской области, Лужская возвышенность, расположенная к северо-востоку от г. Пскова, Судомская – к югу от г. Порхова и Бежаницкая – к югу от г. Новоржева.

Центральная Карельская возвышенность является возвышенной моренной равниной, сильно разделенной речной сетью. По ее южной окраине находятся камовые холмы (Лемболовские, Токсовские высоты и др.).

Силурийское (Ордовикское) плато, вытянуто от р. Нарвы на западе до р.Сясь на востоке, представляет собой плоскую возвышенную равнину.

Западная часть его, наиболее обширная и приподнятая, носит название Ижорского плато. Здесь в известняках и доломитах ордовика повсеместно развит карст. В северной части края Силурийского плато прослеживается крутой уступ (глинт), отделяющий его от Предглинтовой низменности. В западной части уступ обрывистый, высотой до 30-50 м и более, в восточной части он становится более пологим и не превышает 15 м.

Возвышенности – Лужская, Судомская и Бежаницкая – в своей совокупности носят название меридиональный пояс краевых ледниковых образований, в соответствии с различными стадиями валдайского оледенения – представляют собой сложное чередование конечноморенных холмов, гряд и камовых холмов с относительными высотами до 100-125 м.

Понижения рельефа в виде протяженных низменностей с абсолютными отметками от 0 до 50 м, редко более, находятся в северном, центральном и западном краях 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.

Прибалтийская низменность пересекается густой сетью рек, расходящейся в различных направлениях. Долины рек, как правило, врезаются неглубоко и лишь при пересечении склонов водораздельных возвышенностей они врезаются на глубину от 20 до 40 м и иногда до 50 м. Характерно появление болот в низинах и на плоских междуречных пространствах.

Возвышенная часть территории Северо-Запада – восточная, юго-восточная и южная – находятся 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 является краевой зоной валдайского ледника. Она прилегает к Карбоновому плато, сложенному известняками нижне- и средне-каменноугольного возраста, а южнее г. Валдая – к выступам в рельефе девонских пород и сложена из многочисленных холмов и гряд как правило округлой формы, разделенных долинами и лощинами с множеством озер. Для гряд присуща северо-восточная ориентировка. Высота холмов и гряд варьируется от 20 до 50 м. Максимальные абсолютные отметки поверхности достигают 320 м (в районе г. Валдая), а в среднем составляют 150-200 м. От Прибалтийской низменности Валдайская возвышенность отделена Карбоновым уступом, который представляет собой выположенный склон шириной от 5 до 30 км и высотой до 70-100 м, прорезанный множеством рек, интенсивно дренирующими водоносные горизонты каменноугольных отложений. Местами уступ замаскирован конечноморенными образованиями.

Для Карбонового плато присуще развитие карста, проявляющегося в виде многочисленных карстовых воронок, оврагов, слепых долин рек, озер и источников, создающих на отдельных участках характерный карстовый микрорельеф.

1.2. Геологическое строение.

Территория Северо-Запада расположена почти целиком в пределах Русской платформы и сложена комплексом осадочных дочетвертичных отложений, залегающих под четвертичными на архейском или протерозойском кристаллическом основании. Только самая северная окраина территории – север Карельского перешейка – принадлежит к южной оконечности Балтийского щита и сложена древнейшими кристаллическими породами архейско-протерозойского комплекса, представленного различного рода гнейсами и сланцами.

Осадочные коренные образования области представлены как правило отложениями палеозоя: толщами нижнего кембрия, нижнего, среднего и верхнего ордовика, среднего и верхнего девона, нижнего и среднего карбона.

Древние стратиграфические горизонты палеозойской группы осадков полого под углом 10-15° подныривают под более молодые в направлении с северо-запада на юго-восток. На крайнем северо-западе области, на склоне Балтийского щита, под четвертичными отложениями находятся рыхлые песчано-глинистые породы нижнего кембрия общей мощностью 200-500 м.

К югу располагается развитая почти в широтном направлении полоса ордовикских отложений, образующая Ордовикское (Силурийское) плато, крупным уступом (Балтийско-Ладожский глинт) обрывающееся в сторону Предглинтовой низменности. Ордовикские отложения представлены песчаниками, известняками и доломитами общей мощностью 100-150 м. Характерна трещиноватость пород, типичен карст. В основании глинта Силурийского плато и по долинам прорезающих его рек прослеживаются выходы кембрийских песчаников и синих глин.

К югу и востоку от Ордовикского плато находится обширная область развития преимущественно рыхлых девонских отложений, занимающих около 60% от всей области Северо-Запада. Представлены они двумя отделами: средним (песчаники, доломиты, мергели). и верхним (известняково-мергелистая и пестроцветная толщи). Мощность отложений среднего девона варьируется от 50-до 150 м, верхнего девона – до 300 м.

С востока и юго-востока область развития девонских отложений сменяется продолжительной полосой пород каменноугольного возраста, слагающих так называемое Карбоновое плато. Каменноугольные отложения представлены нижним и средним отделами. Нижний карбон сложен известняково-глинистой и известняково-доломитовой толщей мощностью 60-95 м. Средний карбон сложен известняками и доломитами. Мощность его неравномерная и изменяется в пределах 12-80 м. Известняки карбона трещиноватые и закарстованы.

Палеозойские осадочные породы повсеместно перекрыты толщей четвертичных отложений, мощность которых варьирует в больших пределах (0.5-200 м). Эти отложения представлены комплексом ледниковых и послеледниковых образований. Самыми древними из них являются московская морена и сопровождающие ее водно-ледниковые осадки. Выше залегает комплекс позднеледниковых песчаных флювиогляциальных и озерно-ледниковых песчано-глинистых отложений. Заканчивается разрез четвертичной толщи послеледниковыми и современными отложениями. Это обычно покровные образования: озерные, морские песчано-глинистые отложения, аллювиальные наносы, торфяники, золотые (дюнные) пески.

Самая маленькая мощность четвертичных отложений от 0.5 до 5 м наблюдается на участках Силурийского плато и от 10 до 20 м в Приильменской и Предглинтовой низменностях.

Самая большая их мощность достигает 160-200 м в пределах Судомской возвышенности и 100-130 м в пределах Центральной Карельской. Так же внушительная мощность четвертичных отложений (60-120 м) присутствует 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.

Карст. В пределах описываемого района карстовыми процессами затронуты растворимые отложения от нижнего ордовика до среднего карбона. Эти процессы локализуются в двух основных карстовых районах: на Силурийском (Ордовикском) и Карбоновом плато. В число закарстованных пород входят доломиты, известняки, мергели, гипсы, соленосно-карбонатные породы. Карстовые массивы являются хорошими аккумуляторами грунтовых вод. По границам возвышенностей обычно наблюдается обильное выклинивание их, из чего вытекает повышенные значения модулей стока. Для областей распространения карста присуще большое изменение стока на малых площадях, несовпадение поверхностных и подземных водосборов.

Наиболее интенсивно карст развит на Ижорском плато, которое покрыто маломощным пластом морены (1-2 м). Плато характеризуется почти полным отсутствием современной гидрографической сети, так как разнообразные карстовые воронки, слепые долины и суходолы (с понорами в русле) сразу же поглощают дождевые и талые воды, переводя поверхностный сток в подземный. Растекание подземного стока происходит центробежно – во все стороны. Размеры карстовых воронок в поперечнике от 0.5 до 40 м, глубина их от 0.5 до 8 м, иногда до 15 м, средняя плотность – 2-3 на 1 км². Подземные формы карста представлены системой хорошо разработанных трещин, всякого рода пустотами и полостями. Самые значительные из них, так же как поверхностные формы, приурочены к тектоническим трещинам. На прочих участках Силурийского плато с возрастанием мощности четвертичных отложений до 6-8 м (морена, ленточные глины) поверхностные формы карста практически не развиваются. Этим можно объяснить их небольшое развитие на Волховском плато, где мощность покровных отложений достигает иногда 15-20 м.

Карстовые формы рельефа на Карбоновом плато развиваются, как и в предыдущем районе, на тех участках, где мощность четвертичных отложений сокращается до нескольких метров, или они представлены водопроницаемыми породами. Наиболее распространенными являются карстовые воронки, часто наблюдаемые в долинах рек Тихвинки, Увери, Воложбы, вблизи г.Боровичи. Карстовыми являются и озера, имеющие весьма непостоянный уровень и иногда совершенно исчезающие (озера к востоку от г.Боровичи). В местах разгрузки карстовые источники дают дебиты в десятки и сотни литров воды в секунду, а для целых групп таких источников дебит достигает 500—700 л/с.

Некоторое развитие карст имеет в пределах распространения карбонатно-гипсовых отложений среднего девона на территории Псковской области. На окраине г.Пскова из закарстованных пород выходят источники с дебитом до 55 л/сек. Южнее, в левобережной части долины р.Великой,

встречаются карстовые воронки и провалы, приуроченные к участкам неглубокого залегания чудовских и бурежских известняков. Довольно сильно закарстованы доломиты псковско-чудских слоев в верховьях р.Великой.

1.3. Почвенный покров

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

Вблизи Ладожского и Онежского озер расположены низины, сложенные отложениями различного механического состава, с признаками заболачивания и почти не содержащие валунов. На восточном берегу Ладожского озера (Олонецкая равнина) они сочетаются с крупными болотными массивами, среди которых распространены подзолисто-глеевые почвы.

На территории, расположенной к югу от Ладожского и Онежского озер широко распространены слабо- и среднедерновоподзолистые почвы, подзолистые и болотные. Изредка встречаются дерново-карбонатные и аллювиальные почвы.

По механическому составу здесь различаются почвы глинистые, тяжелосуглинистые, средне- и легкосуглинистые, супесчаные и песчаные. Преобладают суглинистые почвы на валунных суглинках, но много почв и супесчаных.

В Приладожье и районах Приволховской низины встречаются разновидности почв – подзолисто-глеевые и торфяно-глеевые, на Карельском перешейке распространены слабо- и среднеподзолистые почвы, суглинистые на валунных суглинках и супесчаные.

В бассейне р. Луги наивысшее распространение наблюдается за дерново-подзолистыми и дерново-карбонатными почвами на карбонатных валунных суглинках. В центральной части бассейна и низовье встречаются

заболоченные почвы. Для северной части Псковской области характерно сочетание подзолистых почв легкого механического состава от песчаных до легких суглинков и заболоченных. Для южной части области характерна значительно большая связность почв (более тяжелый механический состав) и меньшая их оподзоленность, чем в северной части. Подзолистые горизонты в почвах Псковской области часто имеют буроватую или желтоватую окраску в отличие от белесого цвета северных подзолов. В них значительно лучше развит гумусовый дерновый горизонт, они более влагоемки. Такие почвы называются дерново-буро-подзолистыми. По побережью Псковского озера, благодаря близкому расположению уровня грунтовых вод и подтоплению водами озера, образовались осоковые и тростниково-камышовые болота низинного типа.

В Новгородской области наибольшее распространение имеют дерново-подзолистые и все разновидности подзолистых почв. Юго-западная часть Приильменской низины в основном сложена карбонатно-валунными суглинками. Здесь распространены дерново-карбонатные почвы. Они отличаются хорошо развитым перегнойным горизонтом, отсутствием подзолистого горизонта и сравнительно тяжелым механическим составом. На восточном побережье оз. Ильмень распространены аллювиально-луговые почвы.

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

Супесчаные и песчаные отложения, а также выщелоченные валунные суглинки широко распространены в Предвалдайской полосе (западная часть Валдайской гряды). На этих отложениях формируются подзолистые и

болотные почвы. Сильнопodzолистые почвы приурочены к супесчаным отложениям, средне- и слабopodzолистые – к песчаным.

Для Валдайской гряды характерен ландшафт конечных морен, из которого следует значительная пестрота почвообразующих пород. В большей степени она сложена валунными суглинками, а ложбины и впадины, находящиеся между грядами, заняты озерами, заболоченными почвами и болотами. Поэтому почвенный покров здесь крайне разнообразен. Преобладают дерновые, дерново-слабopodzолистые и сильнопodzолистые почвы различного механического состава. На вершинах холмов часто встречаются слаборазвитые или смытые почвы, отличающиеся тяжелым механическим составом. В юго-восточной части Валдайской возвышенности имеются карбонатные отложения, к которым приурочены дерновые и дерново-podzолистые почвы. В южной части возвышенности, кроме суглинистых, встречаются грубопесчаные отложения с преобладанием средне и сильнопodzолистых почв.

Исследуемый район находится в зоне достаточного и избыточного увлажнения. Однако влагозапасы в почво-грунтах также находятся в прямой зависимости от механического состава и глубины залегания грунтовых вод.

Влагонасыщенность почв за теплый период сначала уменьшается в июле – августе (реже в июле). Затем начинается увеличение влажности почвы вследствие возрастания количества осадков и одновременно понижение потерь влаги на испарение и транспирацию.

Влагозапасы в почве в зимнее время зависят от промерзания почвы. Влагонасыщенность почвы резко увеличивается за счет капиллярного подсыхания при ледообразовании, а также за счет парообразной воды, поднимающейся из теплых нижних слоев почвы к верхним холодным, где она конденсируется и замерзает.

1.4. Растительность.

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

Наиболее характерны темнохвойные (еловые) леса, покрывавшие в прошлом большую часть территории Северо-Запада. Они приурочены к водоразделам с суглинистыми и частично супесчаными почвами. Основная группа – ельники-зеленомошники характеризуется хорошо развитым древостоем из ели и обильным напочвенным покровом из мхов. В северной части эта группа представлена в основном типом черничного ельника с моховым покровом и с обильным развитием черники в травяно-кустарниковом ярусе. Широко распространены заболоченные еловые леса (сфагновые ельники). На дне долин, на заболоченных почвах встречаются травяные ельники с густым и высоким травяным покровом.

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

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

Всего под лесом находится половина площади Северо-Запада. Под влиянием вырубок и поваров широко распространились производные березовые и осиновые леса, а также сероольховые заросли, в некоторых ландшафтах почти полностью заменившие коренные лесные сообщества. Производными (на месте ельников) являются и многие сосновые леса.

Наиболее залесены (70-80%) северные и северо-восточные районы территории.

Болота и заболоченные земли занимают около 30% территории. Сильной заболоченностью выделяется Приильменная низина. Много болот в долине р. Невы, у Ладожского озера, в нижнем течении р. Свири. Болота преимущественно верховые (сфагновые), отчасти низинного и переходного характера (осоковые, осоково-пушицевые, осоково-сфагновые и до 85% площади). Наименьшая лесистость отмечается в более освоенных западных и южных районах. Так, в верхнем и среднем течении р. Ловати, в бассейне р. Шелони, в нижнем течении р. Великой залесенность уменьшается до 40-30%.

Наименьшая лесистость отмечается в более освоенных западных и южных районах. Так, в верхнем и среднем течении р. Ловати, в бассейне р. Шелони, в нижнем течении р. Великой залесенность уменьшается до 40-30%.

Под лугами находится 7% территории. Большинство лугов суходольные со злаково-разнотравной растительностью. Поименно-заливные луга приурочены к долинам крупных рек. Большие массивы заливных лугов расположены в долине р. Волхов, на побережье оз. Ильмень и в низовьях рек, впадающих в это озеро.

Растительный покров области подвергся длительному воздействию человека. Большое количество земель распаханно или превращено в различные сельскохозяйственные угодья. В настоящее время культурной растительностью занято около 12% площади. Наименьшей распаханностью (1-5%) характеризуются северные и северо-восточные районы, наибольшей (до 20-30%) – западные и южные.

2. КЛИМАТ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

2.1. Радиационный баланс

Значение годового радиационного баланса изменяется на территории Северо-Запада в пределах 32-35 ккал/см², составляя 40-45% суммарной радиации. Период с положительным радиационным балансом длится от третьей декады марта до начала ноября. Наибольших значений радиационный баланс достигает в мае-июле, составляя 7.0-8.5 ккал/см², т. е. 50-60% суммарной радиации, наименьших – в декабре-январе – 0.5-1.2 ккал/см². Сумма отрицательного радиационного баланса в среднем равна 2-3 ккал/см².

2.2. Температура воздуха

Средняя годовая температура воздуха на территории Северо-Запада колеблется от 2°С в северо-восточной части до 4.5°С в южной. На островах Финского залива годовая температура воздуха превышает 5°С.

Самыми холодными месяцами в году являются январь и февраль. Средняя месячная январская температура Северо-Запада около -7°С на западе территории и ниже -11°С на северо-востоке. На Карельском перешейке и южном побережье Финского залива самым холодным месяцем в году является февраль, температура которого ниже январской температуры менее чем на 1°С на суше и более 1°С на островах.

Абсолютный минимум температуры воздуха на территории Ленинградской, Новгородской и Псковской областей достигает -50, -52°С. Особенно значительные понижения температуры, ниже -50°С, отмечались в долинах рек Паши (Шугозеро -55°С) и Ояти (Мининская -55°С), а также в Мстинской впадине (Боровичи -55°С). На остальной территории Северо-Запада абсолютный минимум составляет -48°С. На побережьях Финского залива,

Псковского и Чудского озер температура ниже -40°C , а на островах Финского залива и Ладожского озера ниже -34°C не наблюдалась.

Самым теплым месяцем на всей рассматриваемой территории является июль, со средней температурой воздуха $16-17^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум температуры воздуха составляет $31-36^{\circ}\text{C}$.

За начало весны принимается устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через нуль. Период с положительными средними суточными температурами составляет 190-200 дней. В Псковской и Новгородской областях весна начинается в конце марта – начале апреля, а в Ленинградской – в конце первой декады апреля. Между датами перехода температуры воздуха через нуль и разрушения устойчивого снежного покрова обычно проходит не более 7-10 дней. Весна характеризуется частыми возвратами холодов, а иногда и кратковременными установлениями снежного покрова. К концу апреля вся территория освобождается от снежного покрова.

Лето, за начало которого принимается переход средней суточной температуры воздуха через 10°C , наступает в первой декаде мая в южной части Псковской и Новгородской областей, в середине мая – на остальной части Северо-Запада, а в конце мая – в самых северных его районах. Наибольшая продолжительность лета в Псковской и Новгородской областях – около 4 месяцев. Средняя продолжительность лета в Ленинградской области 3.5 месяца.

В начале лета еще возможны заморозки. Раньше всего заморозки прекращаются на побережьях озер Ильмень, Псковского и Чудского – в первой декаде мая. К концу мая они заканчиваются почти повсеместно и только на востоке Ленинградской области возможны заморозки в первой декаде июня.

На территории Северо-Запада в летнем сезоне выделяется период средних суточных температур воздуха выше 15°C . В Псковской и Новгородской областях этот период начинается во второй декаде июня и заканчивается во второй декаде августа, в восточной части Ленинградской области – длится с третьей декады июня по первую декаду августа.

Осень наступает в восточных районах Ленинградской и Новгородской областей в конце первой-начале второй декады сентября. Через 7-10 дней осень наступает на остальной территории и только на островах Финского залива начало ее задерживается до середины третьей декады сентября. Продолжительность осени около двух месяцев.

Зима начинается в конце октября в восточной части Ленинградской области и во второй декаде ноября – в южной части Псковской и Новгородской областей, а также в западной части Псковской и Ленинградской областей. На островах Финского залива зима наступает в конце ноября. Первая половина зимы, или так называемое предзимье, характеризуется преобладанием ненастной погоды с выпадением дождя и мокрого снега. Обычно в конце октября – начале ноября появляется снежный покров, но он, как правило, держится недолго. В это время возможны неоднократные кратковременные образования снежного покрова. Приблизительно с половины декабря средняя суточная температура воздуха переходит через -5°C . На большей части территории этот период длится до середины марта, т. е. в среднем 3 месяца. В северо-восточной части Ленинградской области, в долинах рек Свирь и Оять, наблюдается период средних суточных температур ниже -10°C , который длится один-полтора месяца.

В связи с большой изменчивостью циркуляционных процессов погодные условия отдельных лет в значительной степени отличаются от общих условий. Так, аномально холодными по температуре воздуха были зимы 1939-40, 1940-41 гг. и особенно январь 1942 г., средняя месячная

температура которого была на 11°C ниже средней многолетней. Не редко случаются и очень мягкие зимы (1921-25 1929-30, 1948-49, 1951-52 гг. и др.), когда средняя температура за месяц может на 7°C превышать норму

2.3. Осадки

Территория Северо-Запада относится к зоне избыточного увлажнения. Это объясняется сравнительно небольшим приходом тепла и хорошо развитой здесь циклонической деятельностью, которая активно проявляется во все сезоны года.

На распределение осадков большое влияние оказывают орографические особенности местности и подстилающая поверхность, ведущие к нарушению плавного характера изменения осадков. Даже небольшие возвышенности обуславливают перераспределение осадков: увеличение их на наветренных возвышенных участках и уменьшение на подветренных склонах и в понижениях за возвышенностями. Заметно уменьшаются осадки вблизи крупных водоемов таких, как Финский залив, Ладожское, Онежское, Ильмень, Псковское и Чудское озера. Все это обуславливает неравномерность распределения осадков по территории.

В среднем в год на большей части рассматриваемых районов выпадает 550-750 мм осадков. Годовое количество их возрастает в направлении с юго-запада на северо-восток. В районах, прилегающих к Ладожскому и Онежскому озерам, годовая сумма осадков не превышает 600-650 мм. Уменьшение количества осадков отмечается также на обширной территории, расположенной к югу от Псковского оз. и у оз.Ильмень. Здесь, за исключением возвышенностей Судомской и Бежаницкой, за год выпадает менее 700 мм осадков; особенно мало их, менее 650 мм, в нижнем течении р.Великой.

Максимум годовых осадков отмечается на наветренных склонах Валдайской возвышенности (800-900 мм). В некоторых районах Валдайской

возвышенности годовые суммы осадков превышают 900 мм, например, на Шереховецких высотах (Каменка 909 мм), в районе горы Рыжухи (Заборовье 922 мм), а также на оз. Селигер (Полново 901 мм).

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

В теплый период увеличение осадков наблюдается на возвышенностях, расположенных в западной и восточной частях территории, а в пониженной центральной части Северо-Запада заметно выражено понижение их. Кроме того, понижение осадков отмечается на низменностях, прилегающих к Финскому заливу и Ладожскому озеру. Исключением является северное побережье восточной части Финского залива, где имеется «пятно» повышенных осадков, расположенное перед центральной Карельской возвышенностью. Наибольшее количество осадков (более 500 мм) наблюдается также в районе горы Рыжухи (Заборовье 530 мм). На теплый период здесь приходится 55-60% годового количества осадков.

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

В отдельные годы месячные суммы осадков могут значительно отклоняться в ту или иную сторону от многолетних величин. Например, в январе при средней сумме осадков 28-40 мм наблюдались месячные суммы в отдельные годы от 10-20 мм (1933, 1950, 1964) до 120 мм (1959, 1962).

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

Изменчивость месячных сумм осадков из года в год для теплого периода особенно велика. На территории Северо-Запада по наблюдениям метеостанции Ефимовская в июле 1942 г. выпало 214 мм осадков, что составляет 225% нормы, а в июле 1938 г. всего 16 мм или около 17% месячной нормы.

Число дней с осадками 0.1 мм колеблется от 180 до 200 в год. При этом наибольшее число дней отмечается на возвышенностях, а наименьшее в центральной пониженной части территории. Число дней с осадками 1 мм составляет 90-130, 10 мм - 10-15, 20 мм - 2-3, 30 мм - 0.5-1.

Интенсивность выпадающих осадков весьма различна. Наибольших значений они достигают в летние месяцы – июле и августе.

На территории Северо-Запада наиболее значительный суточный максимум осадков был отмечен 12/VII 1953 г. метеостанцией Веребье; величина его 112 мм. Всего за время дождя, общая продолжительность которого была 50 час, выпало 164 мм осадков. Это составило 170% месячной нормы. На станции Оксочи в ночь с 11 по 12/VII 1953 г. за один дождь, продолжавшийся 5 час. 47 мин., выпало 150 мм.

2.4. Снежный покров

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

В начале зимнего сезона высота снежного покрова невелика – менее 10 см. максимальной мощности он достигает в третьей декаде февраля – второй декаде марта. Средняя из наибольших высот снежного покрова на плевых участках составляет 35-55 см в восточной части Ленинградской области и

Новгородской области, и менее 30 см – на юге Новгородской области, в западной и южной частях Псковской области. В лесу средняя из наибольших высот снежного покрова колеблется от 60 см в северо-восточной части Ленинградской области до 40 см и менее в юго-западной части территории.

Запас воды в снеге распределяется по территории в соответствии с мощностью снежного покрова. Наибольших значений он достигает к моменту снеготаяния. В северо-восточной части Ленинградской области средний из наибольших запасов воды в снежном покрове в поле составляет 110-160 мм, на юго-западе территории запас воды в снеге составляет не более 70 мм на полевых участках. Значительно возрастает средний из наибольших запасов воды в снежном покрове в лесистой и пересеченной местности.

Снежный покров держится 100-110 дней на юго-западе территории, 130-150 дней – в северо-восточной части. Разрушение его происходит в конце марта в юго-западной части региона, во второй декаде апреля – в северо-восточной части. Окончательно снег исчезает в 1-3 декадах апреля.

2.5. Влажность воздуха

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

Максимальное значение относительной влажности воздуха наблюдается в ноябре-январе. В это время приход солнечного тепла минимальный, испарение мало, и относительная влажность в течение суток держится выше 85%. Начиная с февраля-марта значения ее в дневные часы

довольно интенсивно уменьшаются. Однако даже в период минимума (май-июнь) величины относительной влажности не опускаются ниже 50-55%. Над крупными водоемами влажность не опускается ниже 71-75%.

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

Дефицит влажности наименьшие значения имеет в холодное время года. Особенно мал недостаток насыщения в декабре-феврале (менее 0.5 мб). С марта он постепенно увеличивается, достигая максимальных значений (5-7 мб) в июне. В районах, прилегающих к крупным водоемам, дефицит влажности составляет 4-5 мб.

2.6. Ветер

Ветровой режим зависит от общей циркуляции атмосферы и тесно связан с особенностями распределения барических центров, располагающихся вокруг района.

На рассматриваемой территории в течение всего года преобладают ветры южного, юго-западного и западного направлений. Повторяемость этих направлений, как правило, превышает 50%. При этом наиболее часто они отмечаются в холодный период года. В летние месяцы повторяемость ветров юго-западной четверти несколько уменьшается, северной – увеличивается. В холодный период, вследствие близкого расположения областей высокого и низкого давлений, возникают большие горизонтальные градиенты давления. Поэтому в это время ветры наиболее устойчивы по направлению и наибольшие по силе. Летом, в связи с уменьшением термических контрастов, барическое поле выражено менее четко, а градиенты давления незначительны. Ветры у поверхности земли ослабевают и становятся менее устойчивы по направлению.

Под влиянием орографии преобладающее направление ветра искажается. Так, в долинах рек преобладают ветры, дующие вдоль долин. Еще в большей степени, чем направление, от местных условий зависит скорость ветра. Наименьшие скорости наблюдаются в районах, где сказывается влияние леса; по мере приближения к крупным водоемам скорость ветра возрастает, и наибольшие ее величины отмечаются на прибрежных и озерных станциях.

Максимальные скорости ветра приходятся на октябрь-декабрь (3-5 м/сек, а на озерах до 8.9 м/сек – остров Василисин). Наименьшие скорости наблюдаются в июле-августе (2-4 м/сек и до 5.0 м/сек – над крупными водоемами).

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

2.7 Многолетнее распределение метеорологических данных

Для анализа были использованы данные по осадкам и температуре воздуха г. Санкт-Петербург.

С помощью метеорологических данных по осадкам (см. приложение А Таблица А.1) были построены многолетние зависимости годовых сумм осадков от времени за 1966 - 2014, 1966 - 1976, 1977 - 2014 гг. (см. рисунки 2.1, 2.2, 2.3).

Также на основе метеорологических данных по температуре воздуха (см. приложение таблица А.2) были построены многолетние зависимости среднегодовой температуры воздуха от времени. за 1945 - 2014, 1945 - 1976, 1977 - 2014 гг. (см. график 2.4, 2.5, 2.6).

На графиках зависимости сумм осадков до 1977 г. (см. рисунок 2.2) наблюдается нисходящая линия тренда, а после 1988 г. (см. рисунок 2.3)

восходящая. Общая же тенденция ряда наблюдений за осадками 1945 – 2010 гг. (см. рисунок 2.1) стремится вверх.

На графиках зависимости среднегодовой температуры от времени (см. график 2.6) наблюдается увеличение среднемесячных температур на 2,5 градуса за период 1945-2014 гг., при том что до 1977 года фиксируется увеличение всего, на 0,5 градуса (см. рисунок 2.5). После 1977 увеличение температур более значительное (см. рисунок 2.6).

Из вышенаписанного можно сделать вывод, что климат меняется, наблюдается тенденция увеличения средних температур воздуха, далее рассмотрим влияние этих изменений на водный режим рек Северо-Западного региона.

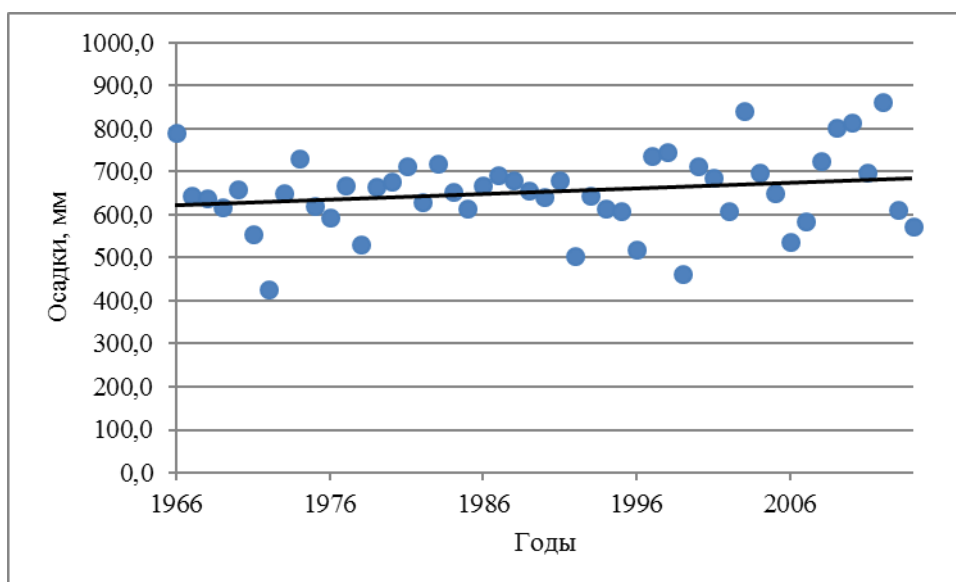


Рисунок 2.1 - График зависимости годовых сумм осадков от времени в г. Санкт-Петербург 1966-2014 гг.

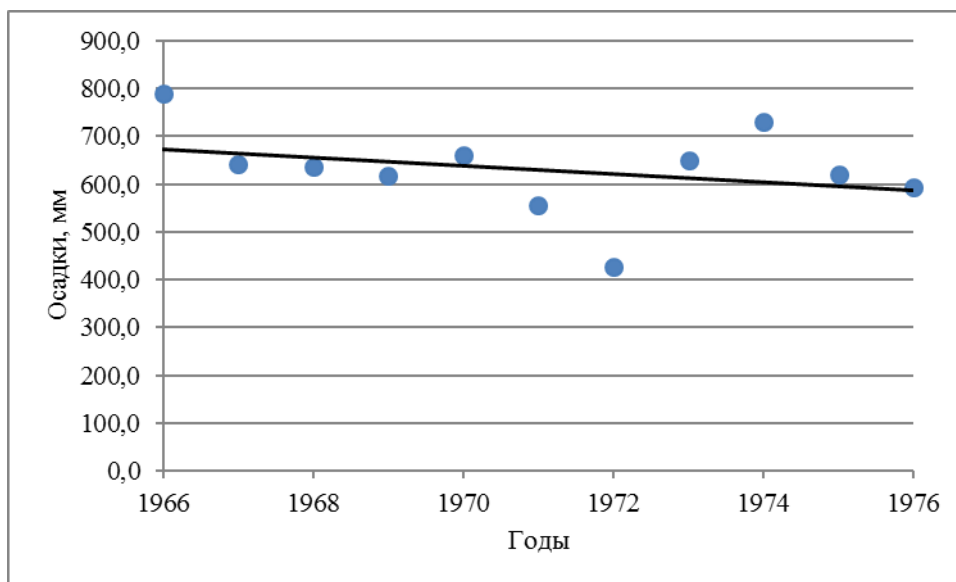


Рисунок 2.2 - График зависимости годовых сумм осадков от времени в г. Санкт-Петербург 1966-1976 гг.

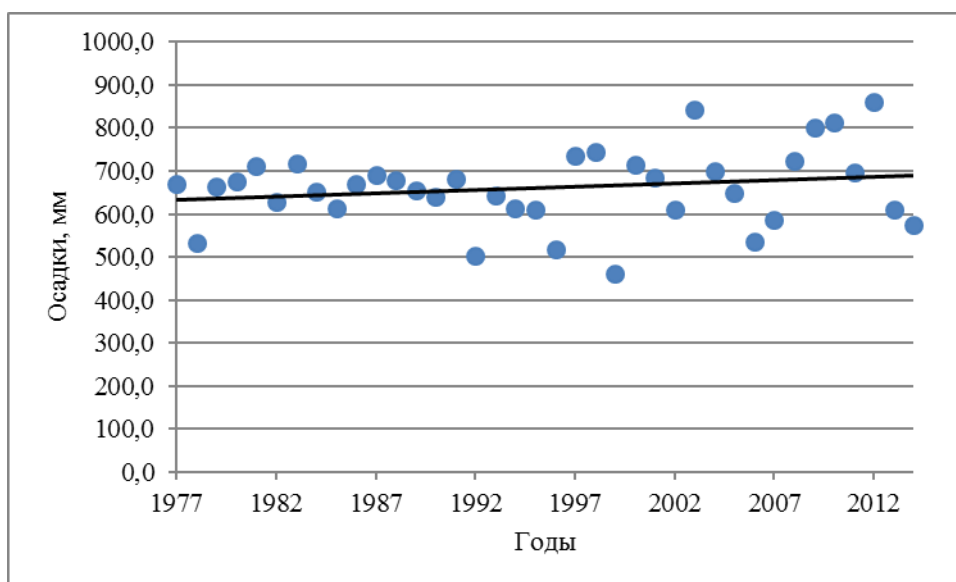


Рисунок 2.3 - График зависимости годовых сумм осадков от времени в г. Санкт-Петербург 1977-2012 гг.

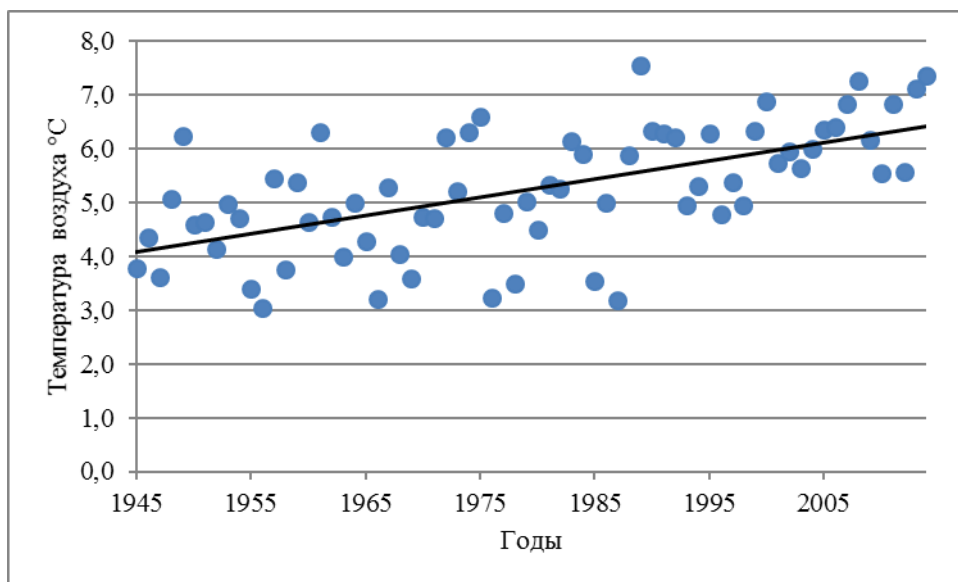


Рисунок 2.4 - График зависимости средних температур от времени в г. Санкт-Петербург 1945-2014 гг.

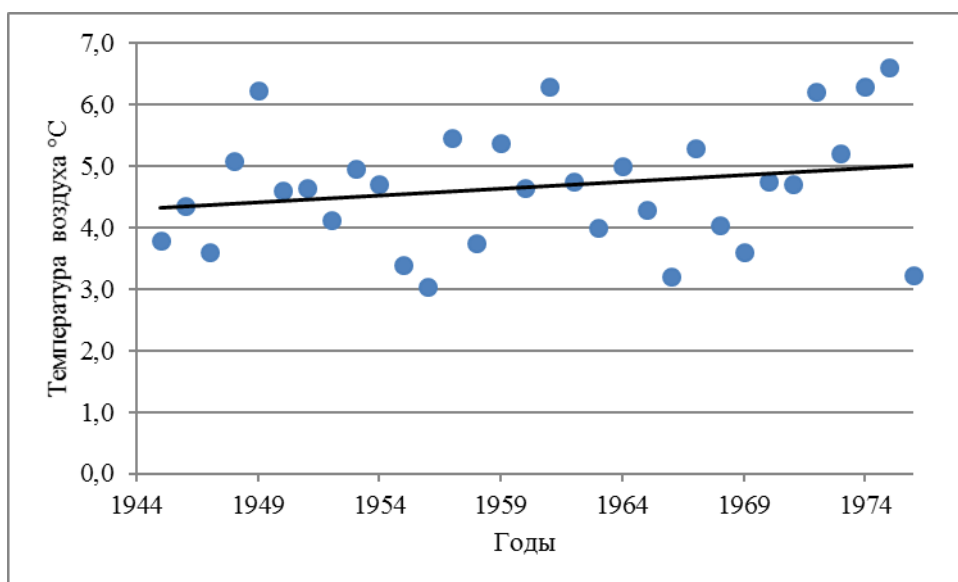


Рисунок 2.5 - График зависимости средних температур от времени в г. Санкт-Петербург 1945-1976 гг.

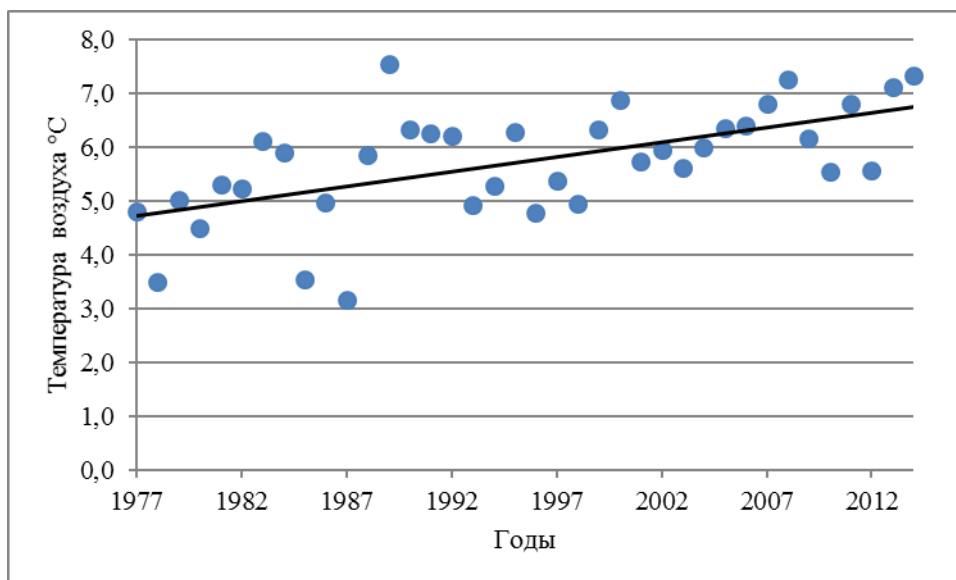


Рисунок 2.6 - График зависимости средних температур от времени в г. Санкт-Петербург 1977-2014 гг.

3. ГОДОВОЙ СТОК

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. Норма стока может быть вычислена путем осреднения годовых значений (норма годового стока), ежегодных величин стока за весеннее половодье или меженный период (норма весеннего или меженного стока) или как среднее из ежегодных экстремальных величин (норма максимального и минимального стока). Норма стока может быть выражена различными характеристиками: расходом воды, модулем стока, слоем или объемом стока. В гидрологических расчетах чаще всего используется расход с воды. Он является основной исходной для расчетов характеристикой, получаемой по

гидрометрическим данным с использованием связи измеренных расходов-и уровней воды в расчетном створе реки (в створе гидрологических наблюдений). С помощью расхода воды могут быть определены все остальные характеристики стока. На практике значение годового стока, может быть выражено в виде среднего многолетнего расхода воды:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \quad (3.1)$$

Где: \bar{Q} – средний многолетний расход м³/с;

Q_i – расход воды за i -ый год м³/с;

n – длина ряда.

Надежность определения нормы стока зависит от репрезентативности периода наблюдений и надежности гидрометрической информации.

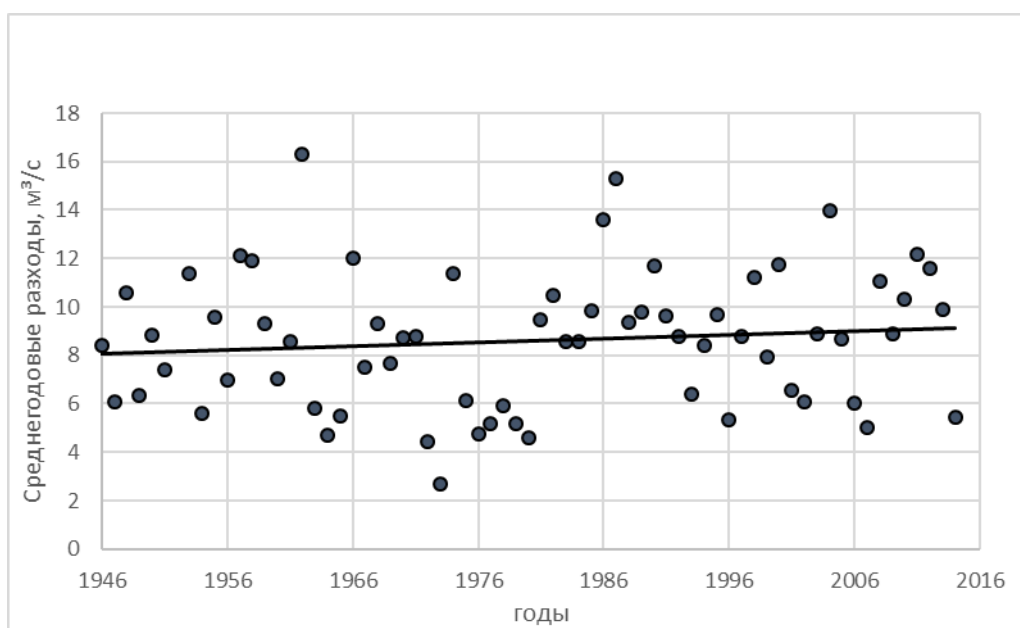


Рисунок 3.1 - График зависимости среднегодовых расходов от времени на р. Тосна – ст. Тосна 1946 – 2014 гг.

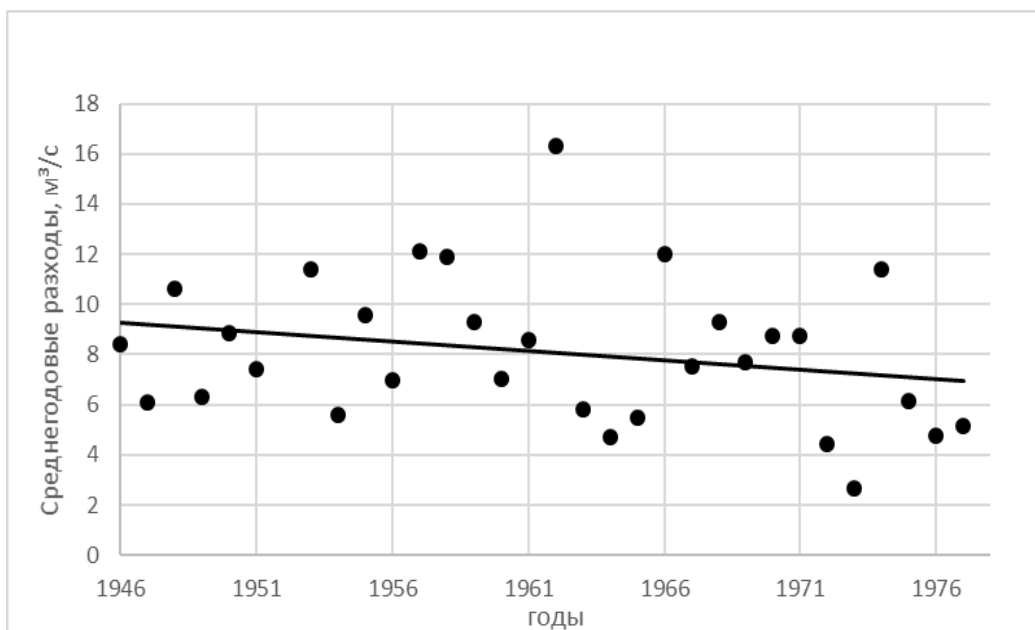


Рисунок 3.2 - График зависимости среднегодовых расходов от времени на р. Тосна – ст. Тосна 1946 – 1977 гг.

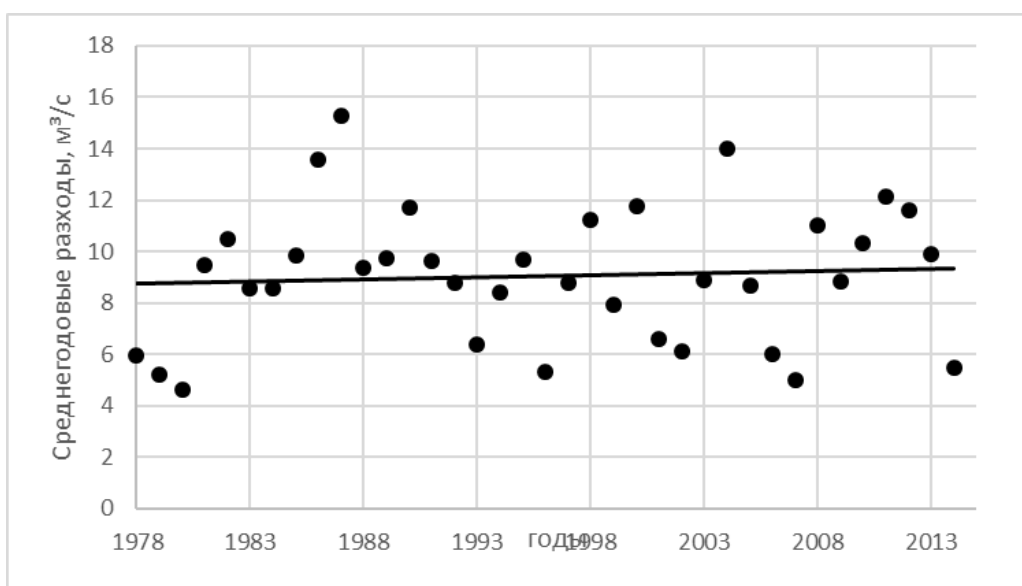


Рисунок 3.3 - График зависимости среднегодовых расходов от времени на р. Тосна – ст. Тосна 1978 – 2014 гг.

На графиках зависимости среднегодовых расходов воды от времени, наблюдается нисходящая линия тренда до 1977г. (см. рисунок 3.2), начиная с 1978 г. (см. рисунок 3.3) она становится восходящей. Общая же тенденция периода наблюдений 1946 – 2014 стремится вверх (см. рисунок 3.1).

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 ($v=1$), к среднему квадрату относительно регрессии ($v=n-2$). Регрессия считается значимой, если F^* больше теоретического значения статистики Фишера при принятом уровне значимости.

Анализ показал, что наблюдаемые тренды статистически незначимы.

Основной приемов расчета стока при наличии репрезентативных рядов наблюдений являются кривые обеспеченности. Эмпирическая кривая обеспеченности показывает нарастание относительных частот, появления—рассматриваемой характеристики, т. е. повторяемость, например, расходов воды выше заданного значения. Они могут характеризоваться тремя параметрами: средним арифметическим значением ряда (\bar{Q}), коэффициентом вариации (изменчивости) (C_v) и коэффициентом асимметрии (C_s). С их помощью может быть установлена вероятность превышения или не превышения конкретного (заданного) значения стока. Эмпирические кривые обеспеченности строятся путем:

— ранжирования эмпирических данных (расхода воды или модульного коэффициента стока);

— определения обеспеченности P (%) каждого ранжированного значения по формуле (3.1) эмпирической обеспеченности;

$$p_m = \frac{m}{n + 1} * 100\% \quad (3.2)$$

p_m – ежегодная вероятность превышения;

m – порядковый номер членов ряда гидрологической характеристики;

n – длина ряда;

— нанесения полученных значений на график $Q = f(P \%)$ или $K = f(P \%)$.

Эмпирические кривые распределения ежегодных вероятностей превышения строятся на клетчатке вероятности. Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения ежегодных вероятностей превышения, как правило, применяется трехпараметрическое распределение Крицкого-Менкеля.

Значение параметров аналитических кривых будем определять методом моментов. Сущность метода заключается в том, что параметры кривой распределения выражаются через значения моментов эмпирического распределения с поправками на ликвидацию смещения. При этом большое влияние имеют крайние члены ряда.

Параметры аналитических кривых были рассчитаны по следующим формулам:

$$C_v = \frac{\sum(k_i - 1)^2}{n - 1} \quad (3.3)$$

Где:

C_v – Коэффициент вариации;

k_i – Модульный коэффициент;

$$C_s = \frac{n * \sum(k_i - 1)^3}{(n - 1)(n - 2)c_v^3} \quad (3.4)$$

Где:

C_s – Коэффициент асимметрии;

k_i – Модульный коэффициент;

Для параметров аналитических кривых были рассчитаны абсолютные погрешности параметров аналитических кривых распределения по формулам:

$$\varepsilon_{\bar{Q}} = \frac{\sigma_Q}{\sqrt{n}} \quad (3.5)$$

Где:

σ_Q – среднеквадратическое отклонение среднего многолетнего расхода;

$\varepsilon_{\bar{Q}}$ – Абсолютная погрешность среднего многолетнего расхода;

$$\varepsilon_{C_v} = \frac{C_v}{n + 4C_v^2} * \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}} \quad (3.6)$$

Где:

ε_{C_v} – Абсолютная погрешность коэффициента вариации;

$$\varepsilon_{C_s} = \sqrt{\frac{6(1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)}{n}} \quad (3.7)$$

Где:

ε_{C_s} – Абсолютная погрешность коэффициента асимметрии.

Так же были рассчитаны относительные погрешности параметров аналитических кривых распределения по формулам:

$$\varepsilon_{\bar{Q}\%} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} * 100\% \quad (3.8)$$

Где:

$\varepsilon_{\bar{Q}\%}$ - относительная погрешность среднего многолетнего расхода воды.

$$\varepsilon_{C_v\%} = \frac{1}{n + 4C_v^2} * \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}} * 100\% \quad (3.9)$$

Где:

$\varepsilon_{C_v\%}$ - относительная погрешность коэффициента вариации.

$$\varepsilon_{C_s\%} = \frac{1}{C_s} * \sqrt{\frac{6(1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)}{n}} * 100\% \quad (3.10)$$

$\varepsilon_{C_s\%}$ - относительная погрешность коэффициента асимметрии.

Полученные данные занесены в таблицы:

Таблица 3.1 Параметры аналитических кривых распределения

	Весь период	По 1977 г.	После 1977 г.
\bar{Q}	8,62	8,10	8,95
C_v	0,32	0,24	0,22
C_s	0,37	0,93	0,31
C_s/C_v	1,13	3,87	1,41

Таблица 3.2 Погрешности аналитических кривых распределения:

	Весь период	До 1977 г.	После 1977 г.
$\varepsilon_{\bar{Q}}$	0,34	0,24	0,24
ε_{C_v}	0,03	0,02	0,02
ε_{C_s}	0,39	0,35	0,34
$\varepsilon_{\bar{Q}\%}$	3,92	2,92	2,69
$\varepsilon_{C_v\%}$	8,96	8,79	8,76
$\varepsilon_{C_s\%}$	105,41	37,29	108,67

Ряды данных среднегодовых расходов воды были проверены на однородность по критериям Стьюдента и Фишера, критические и фактические значения приведены в таблице (см. таблица 3.3):

Таблица 3.3 Вспомогательная таблица для проверки на однородность по критериям Стьюдента и Фишера

критерий	значение	годы		
		Весь ряд	До 1977	После 1977
Фишера	теоретическое	2,03	1,97	2,65
	фактическое	1,73	1,81	1,79
Стьюдента	теоретическое	2,37	2,12	1,95
	фактическое	1,45	1,89	1,56

Гипотеза об однородности рядов по критерию Стьюдента и Фишера при уровне значимости $2\alpha=5\%$ не опровергается, следовательно, рассматриваемые ряды можно считать однородными.

С помощью полученных характеристик были рассчитаны ординаты эмпирических кривых распределения и аналитических кривых Крицкого-Менкеля (см. приложение Б таблицы Б.1-Б.4), после они были построены на клетчатке вероятности (см. приложение Б).

Сравнивая эмпирические и аналитические кривые за периоды 1946-1977 гг. и 1977-2014 гг. можно выделить, что кривая 1944-1977 гг. в области малых вероятностей, показывает более высокие значения, чем кривая 1977-2014гг. В областях средних и высоких вероятностей, значения мало рознятся

3.1 ПОСТРОЕНИЕ РАЗНОСТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИВЫХ

Для выделения периодов повышенной и пониженной водности используются также разностные интегральные кривые среднегодовых расходов.

Разностная интегральная кривая учитывает колебания стока за отдельные относительно короткие промежутки времени. Она строится путем суммирования отклонений модульных коэффициентов от середины, т.е. ее ординаты вычисляются как $\Sigma(K-1)$. Таким образом, ординаты кривой дают на конец каждого i -го года нарастающую сумму отклонений годовых модульных коэффициентов K от нормы или среднего многолетнего значения ($K=1$).

Для того чтобы можно было сопоставить многолетние колебания стока разных рек, производится исключения влияния временной изменчивости стока, отражаемой коэффициентом вариации (изменчивости) ряда наблюдений (C_v), т.е. $\Sigma(K-1)/C_v$.

На рисунке 5.1 представлены разностные интегральные кривые по исследуемой реке.

В диапазонах межгодовой и синоптической изменчивости случайная функция предполагается стационарной, т.е. не зависящей от времени. Это предположение позволяет упростить анализ натуральных данных, а результаты анализа считать стационарными приближенными к исследуемому процессу.

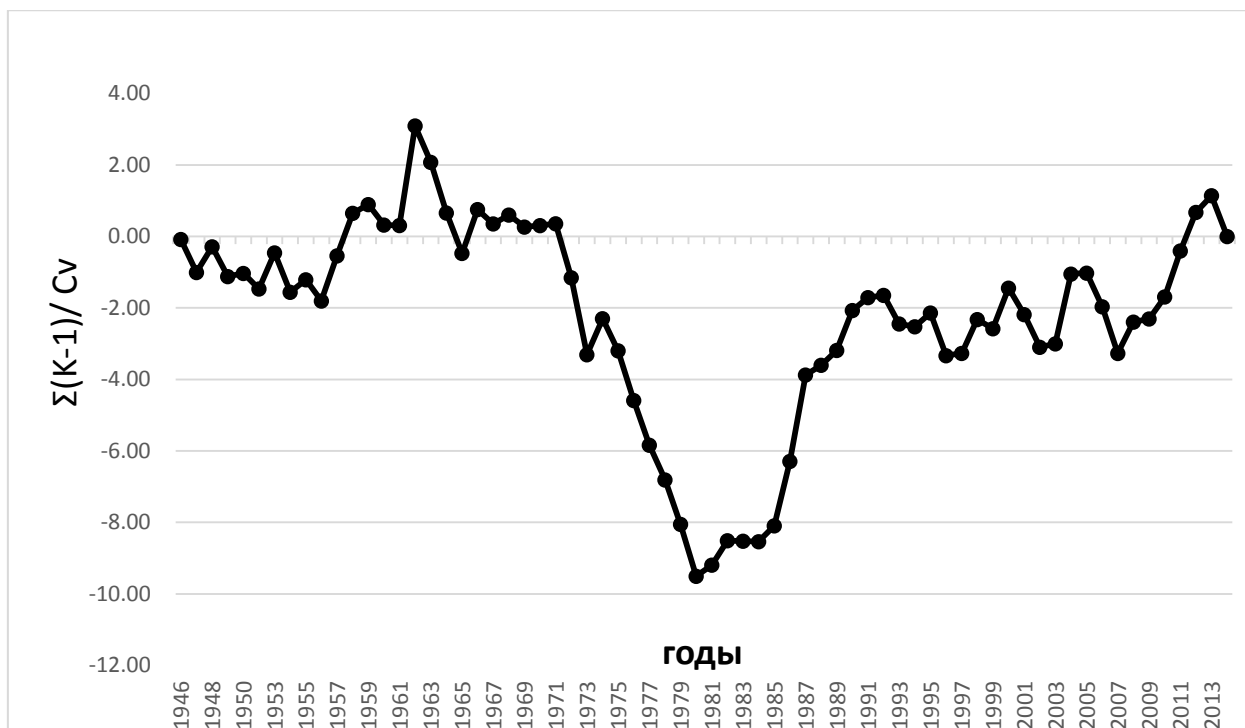


Рисунок 5.1– Разностная интегральная кривая на р. Тосно – ст. Тосно за 1946 – 2014 г.

На графике (см. рисунок 2.1), представлена разностная интегральная кривая по исследуемой реке. На кривой период с 1946 до 1980 гг., наблюдается маловодная группа, после 1980 г. идет многоводная группа.

3.2 КВАНТИЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Межгодовая (многолетняя) изменчивость стока рек традиционно анализируется по рядам среднегодовых и экстремальных расходов и характеризуется наличием многоводных и маловодных лет. Среднегодовые расходы используются для характеристики «нормы» и изменчивости годового стока. Принято считать, что для получения достаточно надежной нормы стока необходимо выбирать такой период наблюдений, в который входило бы одинаковое количество многоводных и маловодных лет. Экстремальные расходы используются для характеристики максимального

стока весеннего половодья, дождевых паводков и минимального стока. В данной работе для анализа многолетней изменчивости используются данные среднегодовых значений и последовательности ежегодных значений для всех месяцев года.

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

Реализация средних годовых расходов на р. Тосно приведена на рисунке (6.1)

Анализ этих реализаций показывает, что для общей водности рек характерно наличие многоводных и маловодных групп лет. Для их характеристики применяется квантильный анализ данных.

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. Днепр и её притока р. Березина. 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 (см. таблица 6.1).

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:

–если длина ряда четная:

$$x_{0.5} = 0.5(x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}) \quad (6.1)$$

Где:

$x_{0.5}$ – медиана ранжированного ряда;

x_n – расходы воды n-ого порядка

–если длина ряда нечетная:

$$x_{0.5} = x_{\frac{n+1}{2}} \quad (6.2)$$

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

Анализ крайних членов x_{min} , x_{max} требует чрезвычайной осторожности, поскольку они подвержены сильному влиянию выборочной изменчивости, обусловленной ошибками измерения исходных величин. Значительной большей устойчивостью обладает размах характеризующий ширину выборочного распределения данных:

$$R = X_{max} - X_{min} \quad (6.3)$$

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 в выборке. Набор квантилей $x_{0.25}$, $x_{0.5}$, $x_{0.75}$ фиксирует «норму» изменчивости анализируемого параметра, $x_{0.25}$ – нижний, а $x_{0.75}$ – верхний её пределы.

Величина S называемая интерквантильным расстоянием, служит мерой разброса выборки в пределах «нормы»:

$$S = x_{0.75} - x_{0.25} \quad (6.4)$$

Где:

S – интерквантильное расстояние;

$x_{0.75}$ – медиана половины ранжированного ряда (верхняя квартиль);

$x_{0.25}$ – медиана половины ранжированного ряда (нижняя квантиль).

Значения анализируемого параметра, выходящие за квантили $x_{0.25}$, $x_{0.75}$ можно рассматривать как особые значения, выходящие за верхний и нижний внутренние барьеры, вычисляемые по формулам:

$$x_B = x_{0.75} + 1,5S \quad (6.5)$$

Где:

x_B – верхний барьер.

$$x_H = x_{0.25} - 1,5S \quad (6.6)$$

Где:

x_H – нижний барьер.

Значения, которые выходят за эти границы называются экстремальными.

В качестве оценки центра распределения данных в выборке можно рассматривать математическое ожидание m и трехзвенное среднее значение T^* , а в качестве оценок масштаба распределения - дисперсию D или стандарт σ . Оценки математического ожидания и дисперсии обычно вычисляются как среднее арифметическое значение и квадрат отклонений от него, трехзвенное среднее значение по формуле (6.7) Тьюки.

Трехзвенное среднее значение:

$$T^* = 0,25(x_{0.25} + 2x_{0.5} + x_{0.75}) \quad (6.7)$$

Где:

T^* - трехзвенное значение.

В качестве другой характеристики асимметрии полезно использовать следующий параметр:

$$As = \frac{(x_{0.75} - x_{0.5}) - (x_{0.5} - x_{0.25})}{2S} \quad (6.8)$$

Где:

As – асимметричность.

Расчеты доверительных интервалов As , вычисленные по смоделированным нормальным рядам показали, что выборку целесообразно считать симметричной, если $-2,05 < As < 0,25$, имеющей левую асимметрию, если $As < -2,05$ или правую при $As > 0,25$.

Таблица 6.1 – Статистические характеристики межгодовой изменчивости на р. Тосно – ст. Тосно

Статистические характеристики	значение
Количество лет	68
$Q_{0.5}, \text{м}^3/\text{с}$	8,75
$Q_{0.25}, \text{м}^3/\text{с}$	6,12
$Q_{0.75}, \text{м}^3/\text{с}$	10,41
$Q_{max}, \text{м}^3/\text{с}$	16,30
$Q_{min}, \text{м}^3/\text{с}$	2,68
$R, \text{м}^3/\text{с}$	13,62
$S, \text{м}^3/\text{с}$	4,29
$Q_6, \text{м}^3/\text{с}$	16,84
$Q_H, \text{м}^3/\text{с}$	0,32
$T^*, \text{м}^3/\text{с}$	8,50
As	-2,07

Рисунок 6.1 – реализация среднегодовых расходов т. Тосно – ст. Тосно за 1946 – 2014 гг.

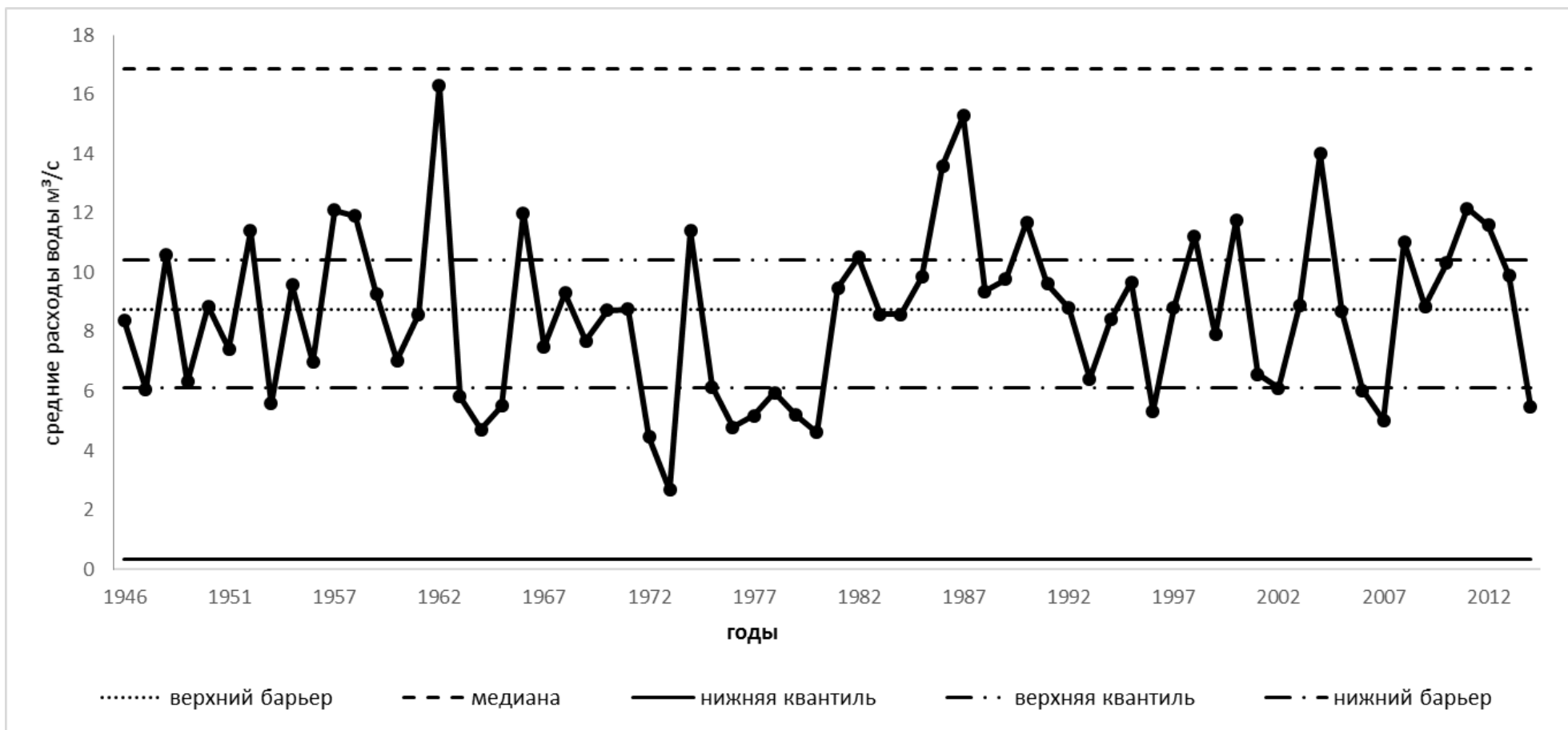


Таблица 2.2 Сведения о многоводных и маловодных годах на р. Тосно

Многоводные годы	Маловодные годы
$Q > 10,41$	$Q < 6.12$
1948,1953,1957,1958,1962,1966,1974 1986,1987,1990,1998,2004,2008,2011 2012	1954,1963,1964,1965,1972,1973,1976 1977,1979,1980,1996,2007,2014

– ст. Тосно

Из таблицы видно, что многоводные и маловодные года наблюдались практически одинаковое количество раз на протяжении всего периода наблюдений. Экстремально многоводные и маловодные группы не наблюдались.

4. МИНИМАЛЬНЫЙ СТОК.

Расчет характеристик минимального стока при наличии данных наблюдений осуществляется статистическими методами аналогично расчетам годового стока. При оценке репрезентативности ряда наблюдений большое значение имеет наличие в этом ряду самых маловодных лет. Имеющийся ряд наблюдений считается достаточным, если среднеквадратическая погрешность нормы низкого стока не превышает 15 %. Особенностью рядов характеристик низкого стока является наличие в некоторых из них нулевых значений. Это наблюдается на реках, протекающих в районах, где в маловодные годы резко сокращается питание рек вплоть до полного прекращения подземного стока в русло. В таких случаях отмечается пересыхание или промерзание реки на различный, иногда весьма длительный период. Наиболее вероятно появление нулевых значений в ряду наблюдений при расчетах минимального суточного и 30-суточного стока, а в

зонах недостаточного увлажнения и распространения многолетнемерзлых пород, — даже и межленного, особенно на малых реках. В этих случаях эмпирические кривые обеспеченности в нижней части быстро приближаются к оси абсцисс и могут достичь нулевых значений при обеспеченности менее 100%. Параметры таких кривых целесообразно определять графоаналитическим методом Алексева. В связи с возможностью ухода эмпирической кривой обеспеченности в ноль ранее достижения ею 95% можно использовать на концах кривой другие опорные ординаты, например, 10 и 90 %.

В нашей работе за минимальные расходы воды взяты средние расходы за летний и зимний периоды. Ниже будут приведены значения параметров кривых распределения и их погрешности. Ряды будут проверены на однородность по критериям Фишера и Стьюдента. Так же будут рассчитаны ординаты аналитических и эмпирических кривых (см. приложение Б таблицы Б.9-Б.16), затем они будут построены на клетчатке вероятности (см. приложение Б рисунок Б.7-Б.12)

Таблица 7.1 Параметры аналитических кривых распределения для ряда минимальных зимних расходов

	Весь период	По 1977 г.	После 1977 г.
\bar{Q}	1,26	1,02	1,45
C_v	0,71	0,69	0,66
C_s	1,47	1,32	0,68
C_s/C_v	2,08	1,93	1,02

Таблица 7.2 Погрешности параметров аналитических кривых распределения для ряда минимальных зимних расходов

	Весь период	До 1977 г.	После 1977 г.
$\varepsilon_{\bar{Q}}$	0,11	0,06	0,09
ε_{C_v}	0,07	0,04	0,05
ε_{C_s}	0,68	0,48	0,49

$\varepsilon_{\bar{Q}\%}$	8,55	5,74	5,98
$\varepsilon_{C_v\%}$	10,19	9,36	9,43
	Весь период	До 1977г.	После 1977 г.
$\varepsilon_{C_s\%}$	46,21	36,26	29,90

Таблица 7.3 вспомогательная таблица, для проверки ряда на однородность критериями Стюдента и Фишера

критерий	значение	годы		
		Весь ряд	До 1977	После 1977
Фишера	теоретическое	2,17	1,85	2,32
	фактическое	1,89	1,47	1,66
Стюдента	теоретическое	1,99	2,14	1,67
	фактическое	1,56	1,89	1,32

Таблица 7.4 Параметры аналитических кривых распределения для ряда минимальных летних расходов

	Весь период	По 1977 г.	После 1977 г.
\bar{Q}	0,92	0,91	0,93
C_v	0,90	0,80	0,98
C_s	2,83	1,55	1,34
C_s/C_v	3,14	1,95	1,37

Таблица 7.5 Погрешности параметров аналитических кривых распределения для ряда минимальных летних расходов

	Весь период	До 1977 г.	После 1977 г.
$\varepsilon_{\bar{Q}}$	0,10	0,09	0,11
ε_{C_v}	0,10	0,08	0,11
ε_{C_s}	0,90	0,78	1,00
$\varepsilon_{\bar{Q}\%}$	10,90	9,65	11,89
$\varepsilon_{C_v\%}$	11,01	10,57	11,36
$\varepsilon_{C_s\%}$	31,73	49,96	74,73

Таблица 7.6 вспомогательная таблица для проверки ряда на однородность критериями Стьюдента и Фишера

критерий	значение	годы		
		Весь ряд	До 1977	После 1977
Фишера	теоретическое	2,22	1,97	2,32
	фактическое	1,54	1,81	1,63
Стьюдента	теоретическое	1,87	2,02	1,97
	значение	Весь ряд	До 1977	После 1977
	фактическое	1,36	1,53	1,42

Гипотеза об однородности рядов минимальных летних и зимних расходов воды по критерию Стьюдента и Фишера при уровне значимости $2\alpha=5\%$ не опровергается, следовательно, рассматриваемые ряды можно считать однородными.

С помощью полученных характеристиках были рассчитаны ординаты эмпирических кривых распределения и аналитических кривых Крицкого-Менкеля для минимальных зимних расходов (см. приложение 5) и минимальных летних (см. приложение 6). После они были построены на клетчатке вероятности: зимние (см. приложение 7), летние (см. приложение 8).

Сравнивая эмпирические и аналитические кривые за периоды 1946-1977 гг. и 1977-2014 гг., построенных на основе минимальных зимних расходов можно выделить, что кривая 1944-1977 гг. в области малых вероятностей, показывает более низкие значения, чем кривая 1977-2014гг. В областях средних и малых вероятностей, значения мало рознятся. Сравнение кривых построенных по летним минимальным значениям, показывает тоже самое.

5. МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК

Определение характеристик максимального стока рек является очень важной народнохозяйственной задачей. Если рассматривать водный режим рек в течение года (календарный, гидрологический или водохозяйственный), то под максимальным стоком будет пониматься. Наибольший расход воды, объем или слой стока за многоводную фазу — половодье или паводок.

Максимальный сток обычно выражается наибольшим (максимальным) расходом воды, объемом или слоем стока за основную, волну половодья или за наибольший паводок в данном году. Максимальный расход воды может быть наибольшим средним суточным, срочным или мгновенным. На малых реках между этими характеристиками могут быть существенные различия, но чем больше река, тем эти различия меньше.

При наличии данных гидрологических наблюдений задача расчета максимального стока сводится к выбору статистической схемы, описывающей закон распределения имеющегося ряда величин, определению параметров этого распределения и вычислению характеристик паводка (половодья) заданной (расчетной) вероятности ежегодного превышения (обеспеченности).

Ниже будут приведены значения параметров кривых распределения и их погрешности. Так же ряды будут проверены на однородность по критериям Фишера и Стьюдента.

Таблица 8.1 Параметры аналитических кривых распределения для ряда максимальных расходов

	Весь период	По 1977 г.	После 1977 г.
\bar{Q}	105,29	105,37	105,15
C_v	0,37	0,42	0,24
C_s	0,38	0,24	0,18
C_s/C_v	1,01	0,57	0,75

Таблица 8.2 Погрешности параметров аналитических кривых распределения для ряда максимальных расходов

	Весь период	До 1977 г.	После 1977 г.
$\varepsilon_{\bar{Q}}$	4,78	5,33	3,08
ε_{C_v}	0,03	0,04	0,02
ε_{C_S}	0,41	0,44	0,35
$\varepsilon_{\bar{Q}_{\%}}$	4,54	5,06	2,93
$\varepsilon_{C_{v\%}}$	9,08	9,20	8,79
$\varepsilon_{C_{S\%}}$	109,49	184,51	193,03

Таблица 8.2 вспомогательная таблица для проверки ряда на однородность критериями по Критериям Фишера и Стюдента

критерий	значение	годы		
		Весь ряд	До 1977	После 1977
Фишера	теоретическое	2,47	1,99	2,04
	фактическое	1,71	1,64	1,55
Стюдента	теоретическое	1,82	1,87	1,84
	фактическое	1,12	1,12	1,33

Гипотеза об однородности рядов максимальных расходов воды по критерию Стюдента и Фишера при уровне значимости $2\alpha=5\%$ не опровергается, следовательно, рассматриваемые ряды можно считать однородными.

С помощью полученных характеристик были рассчитаны ординаты эмпирических кривых распределения и аналитических кривых Крицкого-Менкеля (см. приложение Б таблицы Б.5-Б.8), после они были построены на клетчатке вероятности (см. приложение Б рисунок Б.4-Б.6).

Сравнивая эмпирические и аналитические кривые за периоды 1946-1977 гг. и 1977-2014 гг. можно выделить, что кривая 1944-1977 гг. в области

малых вероятностей, показывает более высокие значения, чем кривая 1977-2014гг. В областях средних и высоких вероятностей, значения больше в период с 1977 по 2014.

6. ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА

Расчет внутригодичного распределения стока представляет собой количественную оценку распределения стока по сезонам года и месяцам, а также по декадам и неделям внутри месяца. Выражается обычно в процентах или долях от годового (при сезонном и месячном распределении) или месячного (при декадном или недельном распределении) стока. Это позволяет иметь данные о стоке в конкретные (календарные) отрезки времени. Помимо хронологического описания внутригодичного распределения стока (календарное распределение), в практике расчетов используется и некалендарное распределение в форме кривых продолжительности суточных расходов воды, показывающих продолжительность стояния внутри года расходов воды, равных или превышающих рассматриваемую величину.

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

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 (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.

$$\Delta P = (P_{\text{вг}} - P_{\text{расч}})^2 + (P_{\text{лп}} - P_{\text{расч}})^2 + (P_{\text{лс}} - P_{\text{расч}})^2 \quad (9.1)$$

Где:

- ΔP – 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 (9.1) получено наименьшее значение суммы ΔP .

Схема составления расчетного внутригодового распределения стока сводится к следующему:

- водохозяйственный год делится на три сезона, из которых два маловодных объединяются в один лимитирующий период, а внутри этого периода один из сезонов принимается за лимитирующий сезон (см. приложение В)

- для всего ряда наблюдений устанавливаются суммы средних месячных расходов воды за год и лимитирующие период и сезон;

– полученные значения для каждой из этих характеристик ранжируются и около них выписываются водохозяйственные годы, к которым они относятся, и их обеспеченности;

– строятся эмпирические кривые обеспеченности для водохозяйственного года с которых впоследствии снимается обеспеченности, заданные проектом 5, 25, 50, 75 и 95%;

– по эмпирическим кривым обеспеченности определяется сток заданной обеспеченности (5, 25, 50, 75 и 95%) за водохозяйственный год;

$$K_p = \frac{Q_{\text{мес}}}{\sum Q_{\text{вг}}} \times 100\% \quad 9.2)$$

Гд
 е: K_p Модульный коэффициент;
 $Q_{\text{мес}}$ Среднемесячный расход воды за расчётный год,
 $\text{м}^3/\text{с};$
 $Q_{\text{вг}}$ Расход воды за расчётный год, $\text{м}^3/\text{с};$

$$Q_{\text{расч}} = \frac{K_p \times \sum Q_p}{100\%} \quad 9.3)$$

Гд
 е: $Q_{\text{расч}}$ Расход воды за расчётный год, $\text{м}^3/\text{с};$
 K_p – Модульный коэффициент;
 Q_p – Расход воды для заданной обеспеченности, $\text{м}^3/\text{с};$

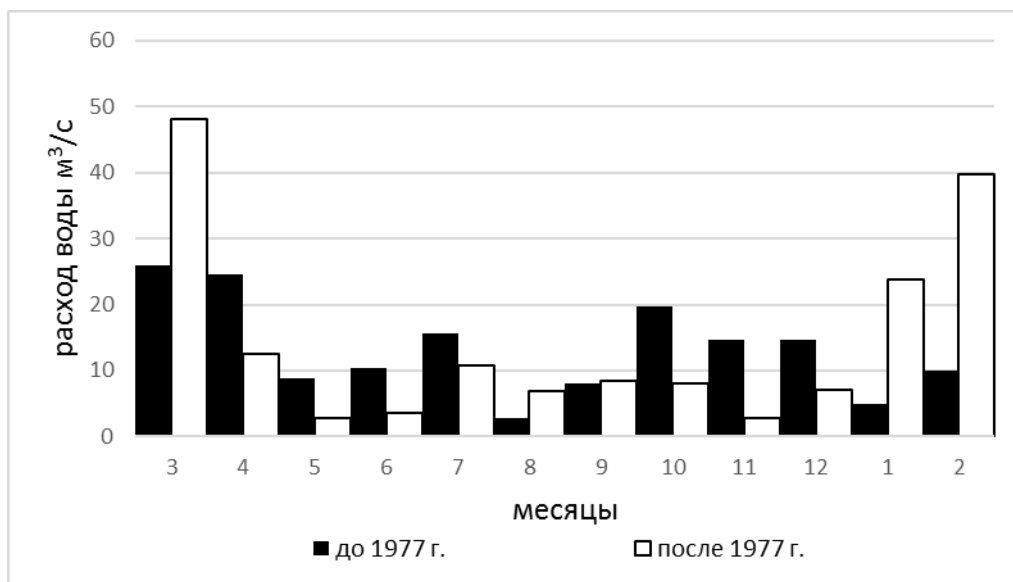


Рисунок 9.1 – совмещённый гидрограф среднемесячных расходов воды 5%-ой обеспеченности р. Тосна – ст. Тосна за 1946 –2014гг.

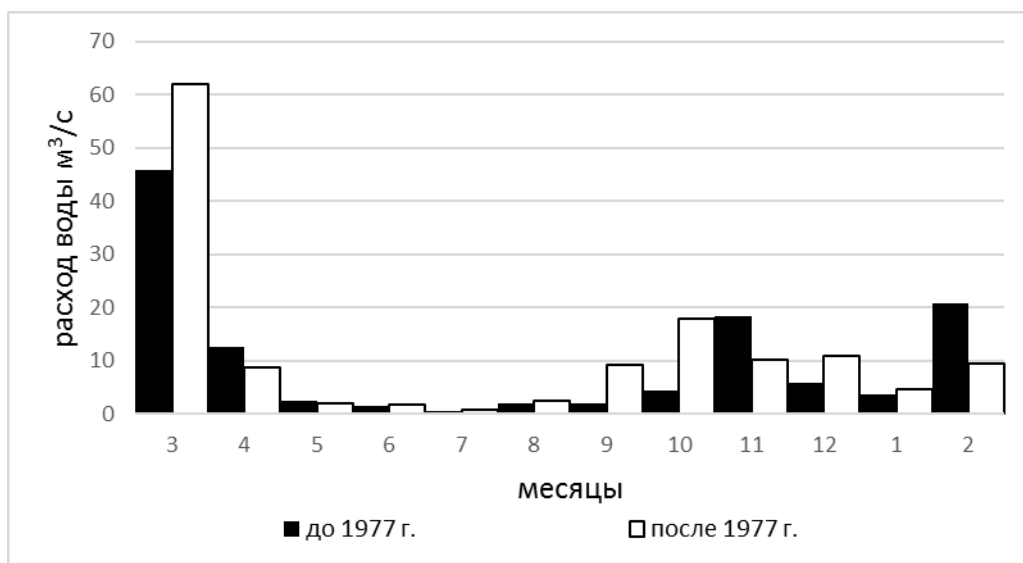


Рисунок 9.2 – совмещённый гидрограф среднемесячных расходов воды 25%-ой обеспеченности р. Тосна – ст. Тосна за 1946 –2014гг.

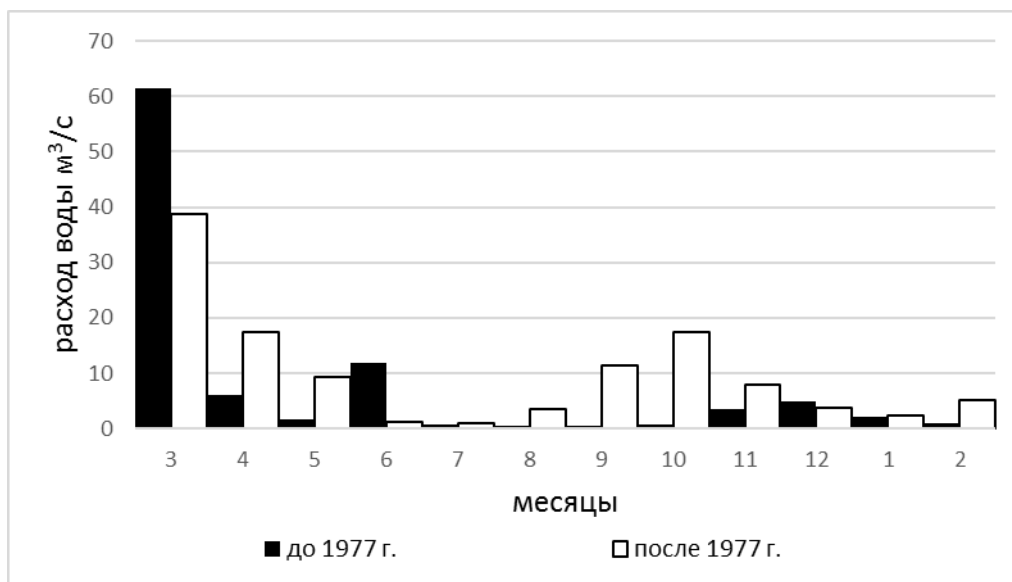


Рисунок 9.3 – совмещённый гидрограф среднемесячных расходов воды 50%-ой обеспеченности р. Тосна – ст. Тосна за 1946 –2014гг

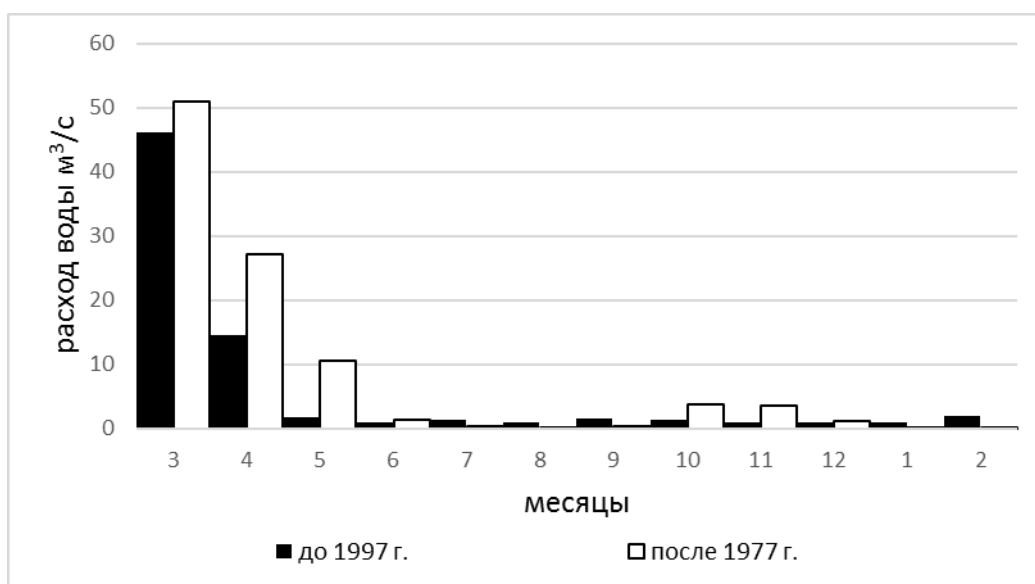


Рисунок 9.4 – совмещённый гидрограф среднемесячных расходов воды 75%-ой обеспеченности р. Тосна – ст. Тосна за 1946 –2014гг

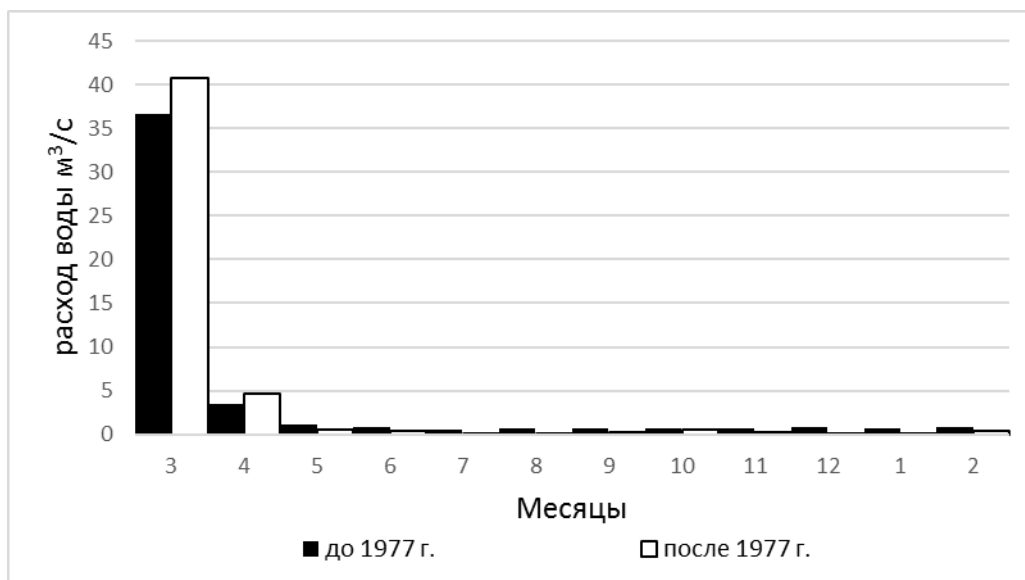


Рисунок 9.6 – совмещённый гидрограф среднемесячных расходов воды 95%-ой обеспеченности р. Тосна – ст. Тосна за 1946 –2014гг

Анализируя гидрографы, построенные по среднемесячным расходом воды для многоводных групп, наблюдается увеличение зимних и весенних расходов за период 1977-2014 гг., по сравнению с 1946-2014, это вызвано перераспределением стока с осенних месяцев. В средневодной группе характерно перераспределение стока в весенние и осенние месяцы. В маловодной группе наблюдается увеличение стока в зимние месяцы.

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 малых вероятностей чем кривая за 1977 – 2014 гг. В областях средних и малых вероятностей значения не сильно разнятся. Были построены разностно-интегральные кривые, 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 минимального и максимального 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 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов В.Г., Сикан А.В. Основы инженерной гидрологии. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2003
2. Владимиров А. М., Дружинин В. С. Сборник задач и упражнений по гидрологическим расчетам. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992.
3. Владимиров А. М. Гидрорасчеты.–Л.: Гидрометеоздат, 1990.
4. Давыдов Л. К., Дмитриева А. А., Конкина Н. Г. Общая гидрология.–Л.: Гидрометеоздат, 1973.
6. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2007. – 278 с.
8. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2006 г. Москва, 2007

9. 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 – количество выпавших осадков по месяцам в г. Санкт-Петербург за период с 1966 до 2014 гг.

год	месяц											
	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	165,6	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	149,6	28,4	35,1

ГОД	месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1985	24,5	22	17,8	40,1	34,3	57,9	68,1	119,9	48,8	75	48	56,9
1986	66,6	17	37,4	27,6	54,3	16,7	103,5	84,4	114,1	40,2	40,5	66,5
1987	26,2	49	19,6	18,1	38,3	124,7	48,3	184,7	80,6	5	55,8	40,3
1988	38,3	24,3	38,5	31	16	61,8	106,3	137,9	95,2	41,1	50,2	38,5
1989	37,5	29,4	33,2	26,2	26,5	33,6	122,6	126,2	50,6	91,1	42,2	36,6
1990	56,5	92,4	55,5	12,5	66,1	29,3	100,2	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	161,2	17,8	72,9	2	55,4
1994	40,9	4,8	40,8	26,9	42,4	78,7	8	105,9	141,4	56,9	34,1	33,4
1996	20,2	24,1	13,2	38,5	65,6	42,2	100,4	34,5	22,5	46,9	64,2	46
1997	54,2	32,2	20	52,5	60,8	46,4	70	26,8	170,6	92,9	72	37,1
1998	40	36,2	43,9	31,4	33,8	153,8	121,9	104,6	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
2000	37,2	18,7	42,8	24	34,8	86	151,8	64,2	52,7	73,1	67,7	60,6
2001	26,9	33,6	37	54,1	41,3	70,4	118,7	69,5	34,3	77,8	85,1	36,7
2002	33,8	53,8	38,5	30,6	20,5	75	115,6	39,9	51,5	58	61	31,3
2003	48,2	23,7	27,9	20,1	127,2	71,6	84,5	159,2	29,3	107,4	57,1	85,9
2004	30,3	36,7	46,8	7,7	66,9	108,7	82,7	84,3	88,9	40	44	61,8
2005	80,4	13,7	25	37,9	62	71,7	126,8	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	107,9	56,8	51,8
2009	42,3	39	27,3	28,5	10,5	112,7	62,5	138,5	81,2	95,5	73,4	90

ГОД	месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010	26,3	69	58,3	24,5	68,6	108,4	61,4	97	58,3	42,1	118,3	81,1
2011	82,4	47,9	25	7,2	56	52,8	96,6	69,3	116,4	55	29,4	58,7
2012	42,9	23,5	52,6	53,6	33,6	62,1	66	153,3	141,7	67,7	111,1	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	101,8	21	23,1	42,3	41,1

Приложение Таблица А.2 – среднемесячные температуры воздуха в г. Санкт-Петербург за период с 1944 до 2014 гг.

ГОД	месяц											
	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	-14,8	-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	-13,9	-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	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	-14,8	-4,1	0,4	8,9	18	15,2	14	9,2	4,8	-3,5	-2,5

ГОД	МЕСЯЦ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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	-12,9	-11,2	-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	-14,9	-13,9	-2,8	1,1	10,7	17	18,2	15,3	9,2	5,8	0,9	-8,1
1967	-12,2	-6,7	1,7	4,5	11,2	14,1	17,5	17,4	13,4	8,9	2,8	-9,2
1968	-16,5	-5,9	-0,7	3,8	9,4	17,1	14,2	17,4	11,1	2,6	-1	-3
1969	-12,2	-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	-11,2	-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	-11,2	-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
1978	-7	-11,5	-1,3	2,5	10,7	14,5	16,6	14,8	9,7	3,9	2,6	-13,5
1979	-8,9	-10,1	-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

ГОД	МЕСЯЦ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1981	-4,3	-5	-4,6	1,7	11,9	16	19,1	15,6	11	7,9	-0,1	-5,3
1982	-10,6	-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	-13,7	-14,8	-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	-17,9	-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	-10,7	-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

ГОД	МЕСЯЦ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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	-10,7	-5,9	5,4	11,8	17	19,2	18,9	14,2	8,1	1,7	3
2007	-2,4	-10,6	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	-12,1	-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	-10,4	-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

Построение эмпирических и аналитических кривых

Таблица Б.1 – ординаты эмпирической кривой для средних расходов за период с 1946-2014 гг.

ординаты эмпирической кривой								
№	P%	Q	№	P%	Q	№	P%	Q
1	1,47	16,30	25	36,76	9,48	49	72,06	6,41
2	2,94	15,28	26	38,24	9,37	50	73,53	6,32
3	4,41	14,00	27	39,71	9,30	51	75,00	6,14
4	5,88	13,59	28	41,18	9,29	52	76,47	6,10
5	7,35	12,16	29	42,65	8,88	53	77,94	6,07
6	8,82	12,10	30	44,12	8,86	54	79,41	6,02
7	10,29	12,00	31	45,59	8,86	55	80,88	5,94
8	11,76	11,90	32	47,06	8,79	56	82,35	5,81
9	13,24	11,75	33	48,53	8,79	57	83,82	5,58
10	14,71	11,70	34	50,00	8,76	58	85,29	5,50
11	16,18	11,59	35	51,47	8,73	59	86,76	5,47
12	17,65	11,40	36	52,94	8,69	60	88,24	5,32
13	19,12	11,40	37	54,41	8,58	61	89,71	5,19
14	20,59	11,23	38	55,88	8,58	62	91,18	5,17
15	22,06	11,04	39	57,35	8,58	63	92,65	5,02
16	23,53	10,60	40	58,82	8,40	64	94,12	4,78
17	25,00	10,50	41	60,29	8,39	65	95,59	4,71
18	26,47	10,32	42	61,76	7,91	66	97,06	4,61
19	27,94	9,91	43	63,24	7,69	67	98,53	4,45
№	P%	Q	№	P%	Q	№	P%	Q
20	29,41	9,84	44	64,71	7,51	68	100	2,68

21	30,88	9,76	45	66,18	7,42
22	32,35	9,68	46	67,65	7,04
23	33,82	9,61	47	69,12	6,98
24	35,29	9,58	48	70,59	6,58

Таблица Б.2 – Ординаты аналитической кривой для средних расход за период 1946-2014 гг.

ординаты аналитической кривой		
<i>P%</i>	<i>tp</i>	<i>Qp</i>
0,01	2,35	20,26
0,1	2,10	18,14
0,3	1,97	17,02
0,5	1,90	16,40
1	1,81	15,64
3	1,64	14,17
5	1,56	13,41
10	1,43	12,31
20	1,27	10,95
25	1,21	10,45
30	1,16	10,00
40	1,06	9,17
50	0,98	8,47
60	0,90	7,77
70	0,82	7,04
75	0,77	6,65
80	0,72	6,22
90	0,60	5,16
95	0,50	4,35
97	0,45	3,86
99	0,35	3,04
99,5	0,30	2,62
99,7	0,27	2,35
99,9	0,22	1,89

Таблица Б.3 – ординаты аналитической и эмпирической кривых для средних расходов в период 1946-1977 гг.

ординаты аналитической кривой				ординаты эмпирической кривой				
<i>P%</i>	<i>tp</i>	<i>Qp</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>
0,01	2,53	20,49	1	3,23	16,3	25	80,65	5,58
0,1	2,25	18,24	2	6,45	12,1	26	83,87	5,5
0,3	2,10	17,03	3	9,68	12	27	87,10	5,17
0,5	2,03	16,41	4	12,90	11,9	28	90,32	4,78
1	1,92	15,57	5	16,13	11,4	29	93,55	4,71
3	1,73	14,03	6	19,35	11,4	30	96,77	4,45
5	1,63	13,19	7	22,58	10,6	31	100,00	2,68
10	1,48	12,02	8	25,81	9,58			
20	1,31	10,61	9	29,03	9,3			
25	1,24	10,01	10	32,26	9,29			
30	1,18	9,56	11	35,48	8,86			
40	1,07	8,68	12	38,71	8,76			
50	0,98	7,92	13	41,94	8,73			
60	0,89	7,17	14	45,16	8,58			
70	0,79	6,40	15	48,39	8,39			
75	0,74	5,99	16	51,61	7,69			
80	0,68	5,55	17	54,84	7,51			
90	0,55	4,45	18	58,06	7,42			
95	0,45	3,63	19	61,29	7,04			
97	0,39	3,15	20	64,52	6,98			
99	0,29	2,35	21	67,74	6,32			
99,5	0,24	1,97	22	70,97	6,14			
99,7	0,21	1,73	23	74,19	6,07			
99,9	0,16	1,33	24	77,42	5,81			

Таблица Б.4 – ординаты аналитической и эмпирической кривой для средних расходов в период 1977-2014 гг.

ординаты аналитической кривой			ординаты эмпирической кривой					
<i>P%</i>	<i>tp</i>	<i>Qp</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>
0,01	2,13	19,06	1	2,63	5,17	25	65,79	6,58
0,1	1,95	17,45	2	5,26	5,94	26	68,42	6,10
0,3	1,85	16,56	3	7,89	5,19	27	71,05	8,88
0,5	1,79	16,02	4	10,53	4,61	28	73,68	14,00
1	1,72	15,39	5	13,16	9,48	29	76,32	8,69
3	1,58	14,14	6	15,79	10,50	30	78,95	6,02
5	1,51	13,51	7	18,42	8,58	31	81,58	5,02
10	1,39	12,44	8	21,05	8,58	32	84,21	11,04
20	1,25	11,19	9	23,68	9,84	33	86,84	8,86
25	1,2	10,74	10	26,32	13,59	34	89,47	10,32
30	1,16	10,38	11	28,95	15,28	35	92,11	12,16
40	1,07	9,58	12	31,58	9,37	36	94,74	11,59
50	0,993	8,89	13	34,21	9,76	37	97,37	9,91
60	0,915	8,19	14	36,84	11,70	38	100,00	5,47
70	0,834	7,46	15	39,47	9,61			
75	0,789	7,06	16	42,11	8,79			
80	0,74	6,62	17	44,74	6,41			
90	0,615	5,50	18	47,37	8,40			
95	0,517	4,63	19	50,00	9,68			
97	0,458	4,10	20	52,63	5,32			
99	0,354	3,17	21	55,26	8,79			
99,5	0,302	2,70	22	57,89	11,23			
99,7	0,269	2,41	23	60,53	7,91			
99,9	0,21	1,88	24	63,16	11,75			

Таблица Б.5 – ординаты эмпирической кривой для максимальных расходов за период 1946-2014 гг.

ординаты эмпирической кривой								
№	P%	Q	№	P%	Q	№	P%	Q
1	1,41	206,00	25	35,21	120	49	69,01	84,6
2	2,82	185,00	26	36,62	120	50	70,42	84,20
3	4,23	181,00	27	38,03	114,00	51	71,83	83,3
4	5,63	177,00	28	39,44	114	52	73,24	79,80
5	7,04	177	29	40,85	110	53	74,65	77,3
6	8,45	176,00	30	42,25	106	54	76,06	74,80
7	9,86	173	31	43,66	104	55	77,46	71
8	11,27	161	32	45,07	104	56	78,87	70,8
9	12,68	151,00	33	46,48	103	57	80,28	69,2
10	14,08	150	34	47,89	103	58	81,69	69,2
11	15,49	147,00	35	49,30	102	59	83,10	67,60
12	16,90	141	36	50,70	102	60	84,51	67,1
13	18,31	137	37	52,11	97,40	61	85,92	65,80
14	19,72	136	38	53,52	97,4	62	87,32	65,6
15	21,13	136	39	54,93	96,2	63	88,73	65,4
16	22,54	135	40	56,34	96,00	64	90,14	63,2
17	23,94	132	41	57,75	95,4	65	91,55	61,7
18	25,35	132	42	59,15	94,60	66	92,96	54,3
19	26,76	130,00	43	60,56	94,3	67	94,37	54,00
20	28,17	130	44	61,97	92,5	68	95,77	52,40
21	29,58	127,00	45	63,38	88,30	69	97,18	36,00
22	30,99	126	46	64,79	88,3	70	98,59	31,1
23	32,39	125,00	47	66,20	87,3	71	100,00	18,8
24	33,80	121,00	48	67,61	86,4			

Таблица Б.6 – ординаты аналитической кривой обеспеченности для максимальных расходов за период 1946-2014 гг.

ординаты аналитической кривой		
<i>P%</i>	<i>tp</i>	<i>Qp</i>
0,01	2,58	271,12
0,1	2,29	241,01
0,3	2,13	224,69
0,5	2,06	216,58
1	1,95	205,21
3	1,75	184,68
5	1,65	173,31
10	1,50	157,72
20	1,32	138,98
25	1,24	130,77
30	1,19	124,77
40	1,07	113,08
50	0,98	102,75
60	0,88	92,83
70	0,78	82,53
75	0,73	77,04
80	0,68	71,13
90	0,54	56,53
95	0,43	45,73
97	0,37	39,35
99	0,28	28,98
99,5	0,23	24,00
99,7	0,20	20,92
99,9	0,15	15,76

Таблица Б.7 – ординаты аналитической и эмпирической кривой для максимальных расходов в период 1946-1977 гг.

Ординаты аналитической кривой			ординаты эмпирической кривой					
<i>P%</i>	<i>tp</i>	<i>Qp</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>
0,01	2,524	265,95	1	2,94	206	23	67,65	84,2
0,1	2,3	242,35	2	5,88	185	24	70,59	83,3
0,3	2,168	228,44	3	8,82	181	25	73,53	79,8
0,5	2,096	220,86	4	11,76	177	26	76,47	74,8
1	1,994	210,11	5	14,71	176	27	79,41	69,2
3	1,818	191,56	6	17,65	151	28	82,35	67,6
5	1,716	180,81	7	20,59	147	29	85,29	65,8
10	1,558	164,17	8	23,53	130	30	88,24	65,4
20	1,368	144,15	9	26,47	127	31	91,18	54
25	1,286	135,51	10	29,41	126	32	94,12	52,4
30	1,222	128,76	11	32,35	125	33	97,06	36
40	1,104	116,33	12	35,29	121	34	100,00	18,8
50	0,9864	103,94	13	38,24	114			
60	0,8726	91,95	14	41,18	104			
70	0,7538	79,43	15	44,12	103			
75	0,6902	72,73	16	47,06	103			
80	0,621	65,43	17	50,00	97,4			
90	0,4526	47,69	18	52,94	96			
95	0,3338	35,17	19	55,88	94,6			
97	0,268	28,24	20	58,82	92,5			
99	0,1672	17,62	21	61,76	88,3			
99,9	0,0646	6,81	22	64,71	86,4			

Таблица Б.8 – ординаты аналитических и эмпирических кривых для максимальных расходов за период 1977-2014 гг.

ординаты аналитических кривых			ординаты эмпирических кривых					
<i>P%</i>	<i>t_p</i>	<i>Q_p</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>
0,01	2,074	218,08	1	2,63	177,00	24	63,16	95,4
0,1	1,922	202,10	2	5,26	173	25	65,79	94,30
0,3	1,832	192,63	3	7,89	161	26	68,42	88,30
0,5	1,782	187,38	4	10,53	150	27	71,05	87,30
1	1,718	180,65	5	13,16	141,00	28	73,68	84,60
3	1,594	167,61	6	15,79	137,00	29	76,32	77,3
5	1,522	160,04	7	18,42	136,00	30	78,95	71,00
10	1,416	148,89	8	21,05	136	31	81,58	70,8
20	1,28	134,59	9	23,68	135,00	32	84,21	69,20
25	1,226	128,91	10	26,32	132,00	33	86,84	67,1
30	1,174	123,45	11	28,95	132,00	34	89,47	65,6
40	1,088	114,40	12	31,58	130,00	35	92,11	63,2
50	1,002	105,36	13	34,21	120,00	36	94,74	61,70
60	0,9174	96,46	14	36,84	120,00	37	97,37	54,30
70	0,8254	86,79	15	39,47	114,00	38	100,00	31,1
75	0,7754	81,53	16	42,11	110,00			
80	0,7194	75,64	17	44,74	106,00			
90	0,5766	60,63	18	47,37	104			
95	0,467	49,11	19	50,00	103,00			
97	0,401	42,17	20	52,63	102,00			
99	0,292	30,70	21	55,26	102			
99,5	0,2392	25,15	22	57,89	97,4			
99,9	0,153	16,09	23	60,53	96,20			

Таблица Б.9 – ординаты эмпирической кривой для минимальных расходов в зимний период с 1946 до 2014 гг.

ординаты эмпирической кривой								
№	P%	Q	№	P%	Q	№	P%	Q
1	1,43	4,23	25	35,71	1,42	48	68,57	0,73
2	2,86	3,89	26	37,14	1,3	49	70,00	0,70
3	4,29	3,7	27	38,57	1,27	50	71,43	0,69
4	5,71	3,49	28	40,00	1,24	51	72,86	0,68
5	7,14	2,77	29	41,43	1,2	52	74,29	0,67
6	8,57	2,57	30	42,86	1,19	53	75,71	0,66
7	10,00	2,36	31	44,29	1,18	54	77,14	0,62
8	11,43	2,26	32	45,71	1,17	55	78,57	0,62
9	12,86	2,09	33	47,14	1,13	56	80,00	0,61
10	14,29	2,04	34	48,57	1,07	57	81,43	0,6
11	15,71	1,97	35	50,00	1,04	58	82,86	0,59
12	17,14	1,88	36	51,43	0,98	59	84,29	0,53
13	18,57	1,81	37	52,86	0,95	60	85,71	0,51
14	20,00	1,81	38	54,29	0,95	61	87,14	0,51
15	21,43	1,75	39	55,71	0,95	62	88,57	0,51
16	22,86	1,75	40	57,14	0,94	63	90,00	0,48
17	24,29	1,71	41	58,57	0,88	64	91,43	0,45
18	25,71	1,68	42	60,00	0,87	65	92,86	0,44
19	27,14	1,6	43	61,43	0,86	66	94,29	0,29
20	28,57	1,59	44	62,86	0,85	67	95,71	0,25
21	30,00	1,59	45	64,29	0,78	68	97,14	0,24
22	31,43	1,53	46	65,71	0,77	69	98,57	0,084
23	32,86	1,51	47	67,14	0,74	70	100,00	0,066

Таблица Б.10 – ординаты аналитической кривой минимальных расходов за зимний период с 1946 до 2014 гг.

ординаты аналитической кривой		
<i>P%</i>	<i>tp</i>	<i>Qp</i>
0,01	5,81	7,32
0,1	4,56	5,75
0,3	3,96	4,99
0,5	3,68	4,64
1	3,29	4,15
3	2,66	3,35
5	2,36	2,97
10	1,94	2,44
20	1,50	1,89
25	1,34	1,69
30	1,22	1,54
40	1,01	1,27
50	0,85	1,07
60	0,69	0,87
70	0,55	0,70
75	0,49	0,62
80	0,42	0,53
90	0,27	0,34
95	0,18	0,23
97	0,14	0,18
99	0,08	0,10
99,5	0,05	0,07
99,7	0,04	0,05
99,9	0,03	0,03

Таблица Б.11 – ординаты аналитической и эмпирической кривых для минимальных расходов за зимний период с 1946 до 1977 гг.

ординаты аналитической кривой			ординаты эмпирической кривой					
<i>P%</i>	<i>tp</i>	<i>Qp</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>
0,01	5,714	5,83	1	3,03	3,49	25	75,76	0,61
0,1	4,491	4,58	2	6,06	2,57	26	78,79	0,6
0,3	3,906	3,98	3	9,09	1,97	27	81,82	0,53
0,5	3,632	3,70	4	12,12	1,81	28	84,85	0,51
1	3,25	3,32	5	15,15	1,81	29	87,88	0,51
3	2,633	2,69	6	18,18	1,75	30	90,91	0,48
5	2,339	2,39	7	21,21	1,68	31	93,94	0,45
10	1,926	1,96	8	24,24	1,51	32	96,97	0,44
20	1,494	1,52	9	27,27	1,24	33	100,00	0,29
25	1,337	1,36	10	30,30	1,19			
30	1,219	1,24	11	33,33	0,95			
40	1,012	1,03	12	36,36	0,88			
50	0,85	0,87	13	39,39	0,87			
60	0,6976	0,71	14	42,42	0,78			
70	0,559	0,57	15	45,45	0,77			
75	0,4957	0,51	16	48,48	0,74			
80	0,4267	0,44	17	51,52	0,73			
90	0,28	0,29	18	54,55	0,7			
95	0,1885	0,19	19	57,58	0,69			
97	0,1453	0,15	20	60,61	0,68			
99	0,0814	0,08	21	63,64	0,67			
99,5	0,0585	0,06	22	66,67	0,66			
99,7	0,046	0,05	23	69,70	0,62			
99,9	0,0295	0,03	24	72,73	0,62			

Таблица Б.12 – ординаты аналитической и эмпирической кривых для минимальных расходов за зимний период с 1977-2014 гг.

ординаты аналитической кривой			ординаты эмпирической кривой					
<i>P%</i>	<i>tp</i>	<i>Qp</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>
0,01	5,52	8,01	1	2,63	0,68	23	60,53	1,17
0,1	4,35	6,31	2	5,26	4,23	24	63,16	1,13
0,3	3,80	5,51	3	7,89	3,89	25	65,79	1,07
0,5	3,54	5,13	4	10,53	3,70	26	68,42	1,04
1	3,17	4,60	5	13,16	2,77	27	71,05	0,98
3	2,58	3,74	6	15,79	2,36	28	73,68	0,95
5	2,30	3,33	7	18,42	2,26	29	76,32	0,95
10	1,90	2,75	8	21,05	2,09	30	78,95	0,94
20	1,48	2,15	9	23,68	2,04	31	81,58	0,86
25	1,33	1,93	10	26,32	1,88	32	84,21	0,85
30	1,22	1,76	11	28,95	1,75	33	86,84	0,59
40	1,02	1,47	12	31,58	1,71	34	89,47	0,51
50	0,86	1,24	13	34,21	1,6	35	92,11	0,25
60	0,71	1,03	14	36,84	1,59	36	94,74	0,24
70	0,57	0,83	15	39,47	1,59	37	97,37	0,084
75	0,51	0,74	16	42,11	1,53	38	100,00	0,066
80	0,44	0,64	17	44,74	1,51			
90	0,30	0,43	18	47,37	1,42			
95	0,20	0,30	19	50,00	1,3			
97	0,16	0,23	20	52,63	1,27			
99	0,09	0,13	21	55,26	1,20			
99,9	0,03	0,05	22	57,89	1,18			

Таблица Б.13 – ординаты эмпирической кривой для минимальных расходов за летний период с 1946 до 2014 гг.

ординаты эмпирической кривой								
№	P%	Q	№	P%	Q	№	P%	Q
1	1,41	4,85	25	35,21	0,91	49	69,01	0,54
2	2,82	4,21	26	36,62	0,87	50	70,42	0,51
3	4,23	2,52	27	38,03	0,85	51	71,83	0,51
4	5,63	2,51	28	39,44	0,85	52	73,24	0,5
5	7,04	2,43	29	40,85	0,81	53	74,65	0,5
6	8,45	2,15	30	42,25	0,8	54	76,06	0,47
7	9,86	1,66	31	43,66	0,79	55	77,46	0,47
8	11,27	1,61	32	45,07	0,78	56	78,87	0,46
9	12,68	1,59	33	46,48	0,76	57	80,28	0,43
10	14,08	1,46	34	47,89	0,76	58	81,69	0,43
11	15,49	1,33	35	49,30	0,7	59	83,10	0,42
12	16,90	1,33	36	50,70	0,7	60	84,51	0,42
13	18,31	1,28	37	52,11	0,69	61	85,92	0,41
14	19,72	1,21	38	53,52	0,68	62	87,32	0,37
15	21,13	1,21	39	54,93	0,67	63	88,73	0,3
16	22,54	1,19	40	56,34	0,67	64	90,14	0,15
17	23,94	1,11	41	57,75	0,65	65	91,55	0,12
18	25,35	1,1	42	59,15	0,64	66	92,96	0,11
19	26,76	1,1	43	60,56	0,62	67	94,37	0,092
20	28,17	1,09	44	61,97	0,6	68	95,77	0,072
21	29,58	1,06	45	63,38	0,59	69	97,18	0,064
22	30,99	0,98	46	64,79	0,58	70	98,59	0,049
23	32,39	0,97	47	66,20	0,57	71	100,00	0,034
24	33,80	0,94	48	67,61	0,56			

Таблица Б.14 – ординаты аналитической кривой для минимальных расходов за зимний период с 1946 до 2014 гг.

ординаты аналитической кривой		
<i>P</i> %	<i>t_p</i>	<i>Q_p</i>
0,01	11	10,12
0,1	7,37	6,78
0,3	5,88	5,41
0,5	5,24	4,82
1	4,41	4,06
3	3,21	2,95
5	2,70	2,48
10	2,06	1,90
20	1,47	1,35
25	1,29	1,19
30	1,14	1,05
40	0,92	0,84
50	0,74	0,68
60	0,60	0,55
70	0,47	0,43
75	0,41	0,38
80	0,35	0,33
90	0,24	0,22
95	0,17	0,15
97	0,13	0,12
99	0,08	0,08
99,5	0,06	0,06
99,7	0,05	0,05
99,9	0,04	0,03

Таблица Б.15 – ординаты аналитической и эмпирической кривых обеспеченностей для минимальных расходов за летний период с 1946 до 1977 гг.

ординаты аналитической кривой			ординаты эмпирической кривой					
<i>P%</i>	<i>tp</i>	<i>Qp</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>
0,01	6,85	6,23	1	2,94	4,21	23	67,65	0,56
0,1	5,30	4,82	2	5,88	2,43	24	70,59	0,51
0,3	4,55	4,14	3	8,82	1,61	25	73,53	0,5
0,5	4,19	3,81	4	11,76	1,46	26	76,47	0,5
1	3,71	3,38	5	14,71	1,33	27	79,41	0,47
3	2,94	2,68	6	17,65	1,21	28	82,35	0,47
5	2,57	2,34	7	20,59	1,19	29	85,29	0,46
10	2,06	1,87	8	23,53	1,1	30	88,24	0,43
20	1,54	1,40	9	26,47	1,06	31	91,18	0,43
25	1,37	1,25	10	29,41	0,94	32	94,12	0,42
30	1,22	1,11	11	32,35	0,91	33	97,06	0,37
40	0,98	0,90	12	35,29	0,87	34	100,00	0,3
50	0,80	0,73	13	38,24	0,85			
60	0,63	0,58	14	41,18	0,85			
70	0,49	0,44	15	44,12	0,81			
75	0,42	0,38	16	47,06	0,8			
80	0,35	0,32	17	50,00	0,78			
90	0,21	0,19	18	52,94	0,68			
95	0,12	0,11	19	55,88	0,67			
97	0,09	0,08	20	58,82	0,64			
99	0,04	0,04	21	61,76	0,62			
99,9	0,01	0,01	22	64,71	0,57			

Таблица Б.16 – ординаты аналитической и эмпирической кривых обеспеченностей для минимальных расходов за летний период с 1977 до 2014 гг.

ординаты аналитической кривой			ординаты эмпирической кривой					
$P\%$	tp	Qp	$N\%$	$P\%$	Q	$N\%$	$P\%$	Q
0,01	7,03	7,03	1	2,63	4,85	23	60,53	0,65
0,1	5,72	5,72	2	5,26	2,52	24	63,16	0,60
0,3	5,03	5,03	3	7,89	2,51	25	65,79	0,59
0,5	4,70	4,70	4	10,53	2,15	26	68,42	0,58
1	4,22	4,22	5	13,16	1,66	27	71,05	0,54
3	3,40	3,40	6	15,79	1,59	28	73,68	0,51
5	2,98	2,98	7	18,42	1,33	29	76,32	0,42
10	2,38	2,38	8	21,05	1,28	30	78,95	0,41
20	1,71	1,71	9	23,68	1,21	31	81,58	0,15
25	1,48	1,48	10	26,32	1,11	32	84,21	0,12
30	1,28	1,28	11	28,95	1,10	33	86,84	0,11
40	0,96	0,96	12	31,58	1,09	34	89,47	0,09
50	0,70	0,70	13	34,21	0,98	35	92,11	0,07
60	0,49	0,49	14	36,84	0,97	36	94,74	0,06
70	0,31	0,31	15	39,47	0,85	37	97,37	0,05
75	0,24	0,24	16	42,11	0,79	38	100,00	0,03
80	0,17	0,17	17	44,74	0,76			
90	0,06	0,06	18	47,37	0,76			
95	0,02	0,02	19	50,00	0,70			
97	0,01	0,01	20	52,63	0,70			
99	0,00	0,00	21	55,26	0,69			

99,9	0,00	0,00	22	57,89	0,67
------	------	------	----	-------	------

Таблица Б.17 – ординаты

аналитической и эмпирической кривой для годовых сумм в период с 1946 до 1977гг.

ординаты аналитической кривой			ординаты эмпирической кривой					
<i>P%</i>	<i>tp</i>	<i>Qp</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>
0,01	2,64	259,86	1	3,33	187,67	23	76,67	73,48
0,1	2,33	228,85	2	6,67	160,34	24	80,00	69,80
0,3	2,16	212,12	3	10,00	148,13	25	83,33	66,41
0,5	2,07	203,75	4	13,33	146,83	26	86,67	59,32
1	1,94	190,96	5	16,67	145,50	27	90,00	56,86
3	1,74	170,78	6	20,00	132,45	28	93,33	52,71
5	1,63	159,95	7	23,33	129,60	29	96,67	46,29
10	1,47	144,70	8	26,67	115,22	30	100,00	36,35
20	1,29	126,49	9	30,00	110,82			
25	1,22	120,09	10	33,33	106,68			
30	1,16	114,18	11	36,67	105,05			
40	1,06	104,34	12	40,00	104,68			
50	0,97	95,23	13	43,33	103,97			
60	0,88	86,77	14	46,67	100,20			
70	0,79	78,06	15	50,00	94,69			
75	0,75	73,48	16	53,33	93,53			
80	0,70	68,56	17	56,67	92,35			
90	0,58	56,60	18	60,00	92,16			
95	0,48	47,59	19	63,33	87,08			
97	0,43	42,37	20	66,67	85,81			
99	0,34	33,37	21	70,00	75,40			
99,9	0,22	21,46	22	73,33	73,58			

Таблица Б.18 – ординаты аналитической и эмпирической кривой для годовых сумм в период с 1977 до 2014гг.

ординаты аналитической кривой			ординаты эмпирической кривой					
<i>P%</i>	<i>tp</i>	<i>Qp</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>	<i>№</i>	<i>P%</i>	<i>Q</i>
0,01	2,12	256,80	1	2,70	190,10	23	62,16	97,24
0,1	1,91	230,76	2	5,41	177,64	24	64,86	94,89
0,3	1,79	216,83	3	8,11	172,17	25	67,57	88,48
0,5	1,74	210,17	4	10,81	160,29	26	70,27	83,69
1	1,65	199,87	5	13,51	155,52	27	72,97	83,42
3	1,51	182,91	6	16,22	141,15	28	75,68	78,98
5	1,44	174,43	7	18,92	140,34	29	78,38	74,92
10	1,33	161,11	8	21,62	139,82	30	81,08	70,45
20	1,21	145,97	9	24,32	136,39	31	83,78	68,79
25	1,16	140,52	10	27,03	132,72	32	86,49	66,40
30	1,12	135,67	11	29,73	132,18	33	89,19	62,85
40	1,05	127,19	12	32,43	128,47	34	91,89	62,50
50	0,98	119,13	13	35,14	126,22	35	94,59	61,71
60	0,92	111,62	14	37,84	125,69	36	97,30	39,62
70	0,86	103,81	15	40,54	124,57	37	100,00	39,59
75	0,82	99,63	16	43,24	122,88			
80	0,79	95,09	17	45,95	122,83			
90	0,69	83,76	18	48,65	113,78			
95	0,62	74,92	19	51,35	107,56			
97	0,57	69,59	20	54,05	105,51			
99	0,50	60,02	21	56,76	104,51			

99,9	0,38	45,91	22	59,46	101,60
------	------	-------	----	-------	--------

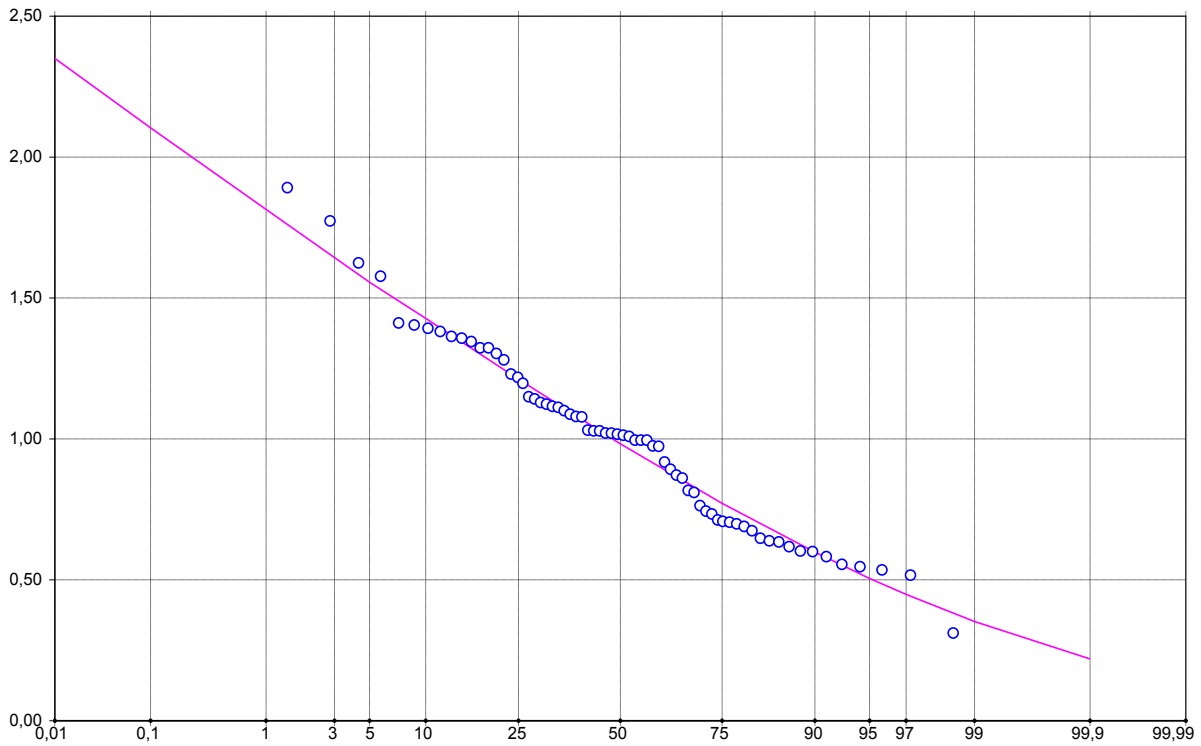


Рисунок Б.1 – Эмпирическая и аналитическая кривая среднегодовых расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1946-2014 гг.

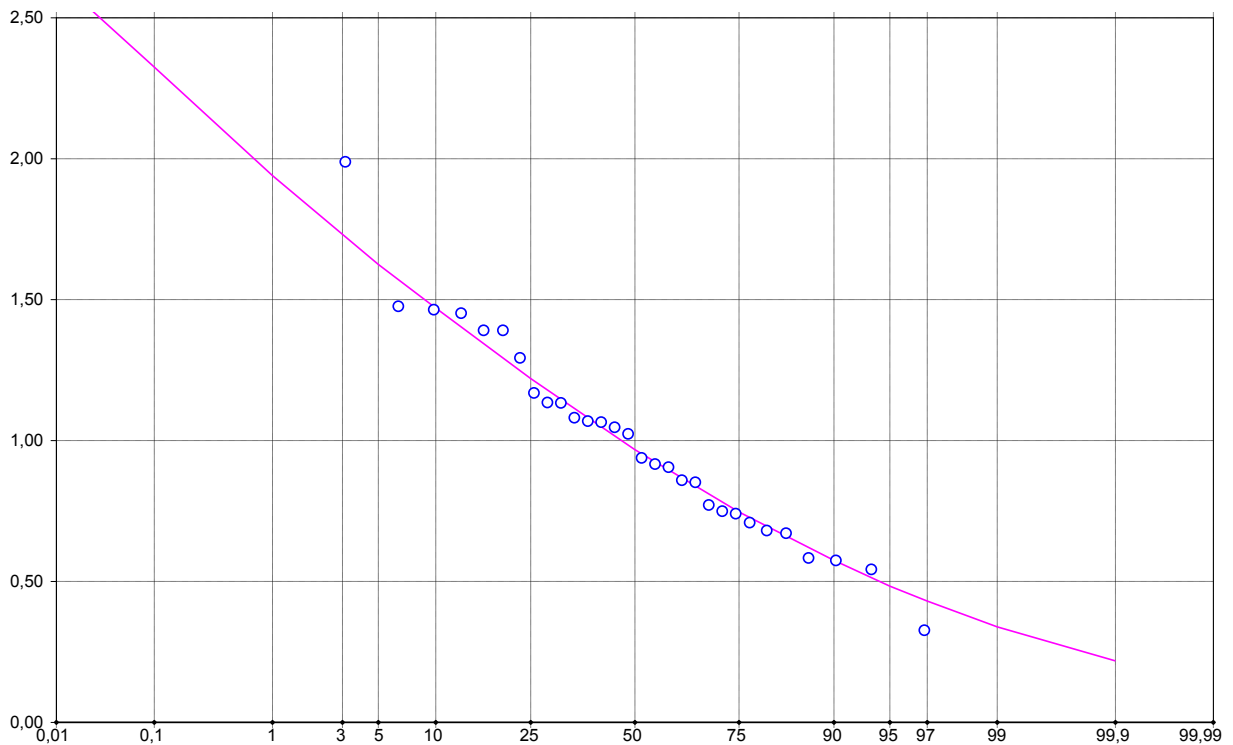


Рисунок Б.2 – Эмпирическая и аналитическая кривая среднегодовых расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1946-1976 гг.

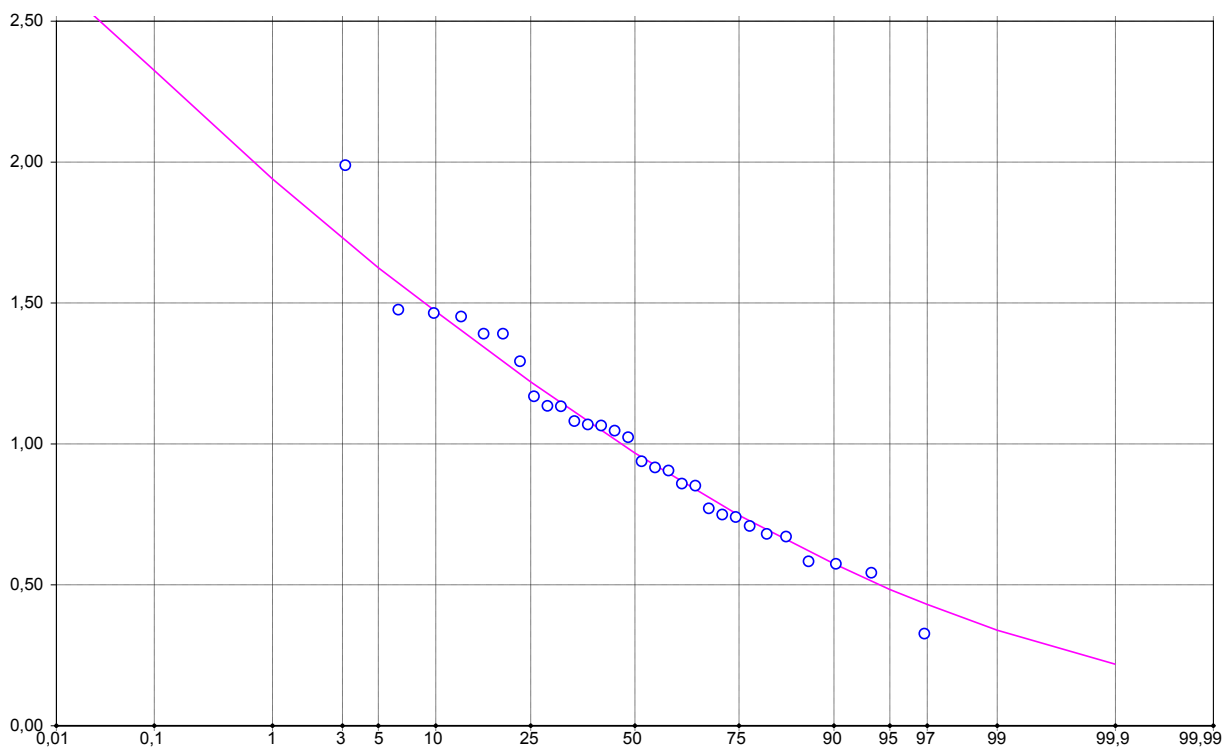


Рисунок Б.3 – Эмпирическая и аналитическая кривая среднегодовых расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1977-2014 гг.

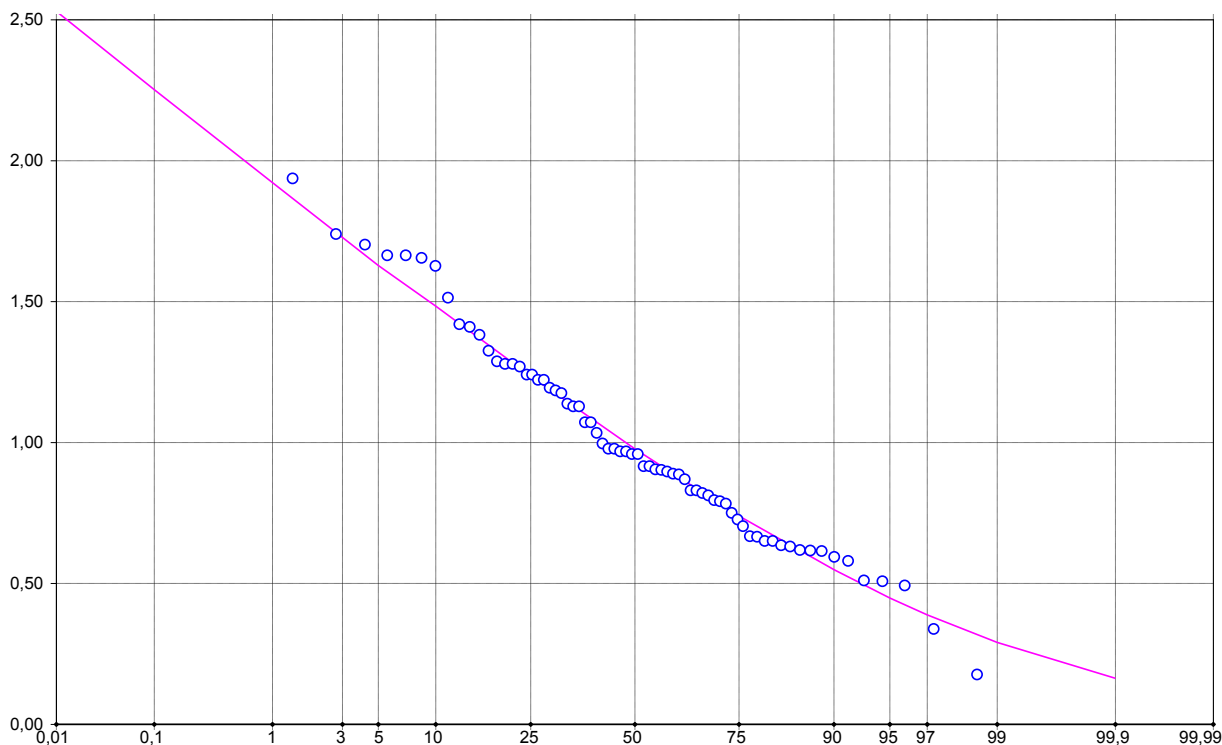


Рисунок Б.4 – Эмпирическая и аналитическая кривая максимальных расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1946-2014 гг.

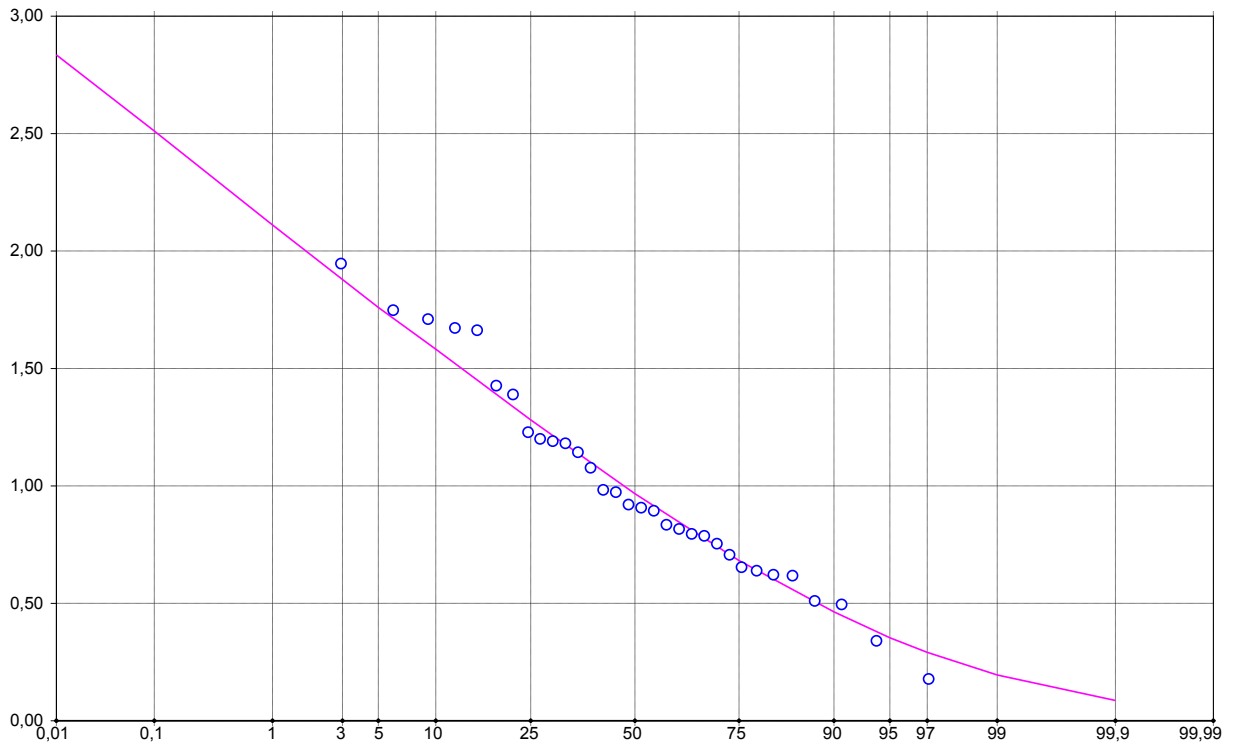


Рисунок Б.5 – Эмпирическая и аналитическая кривая максимальных расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1946-1976 гг.

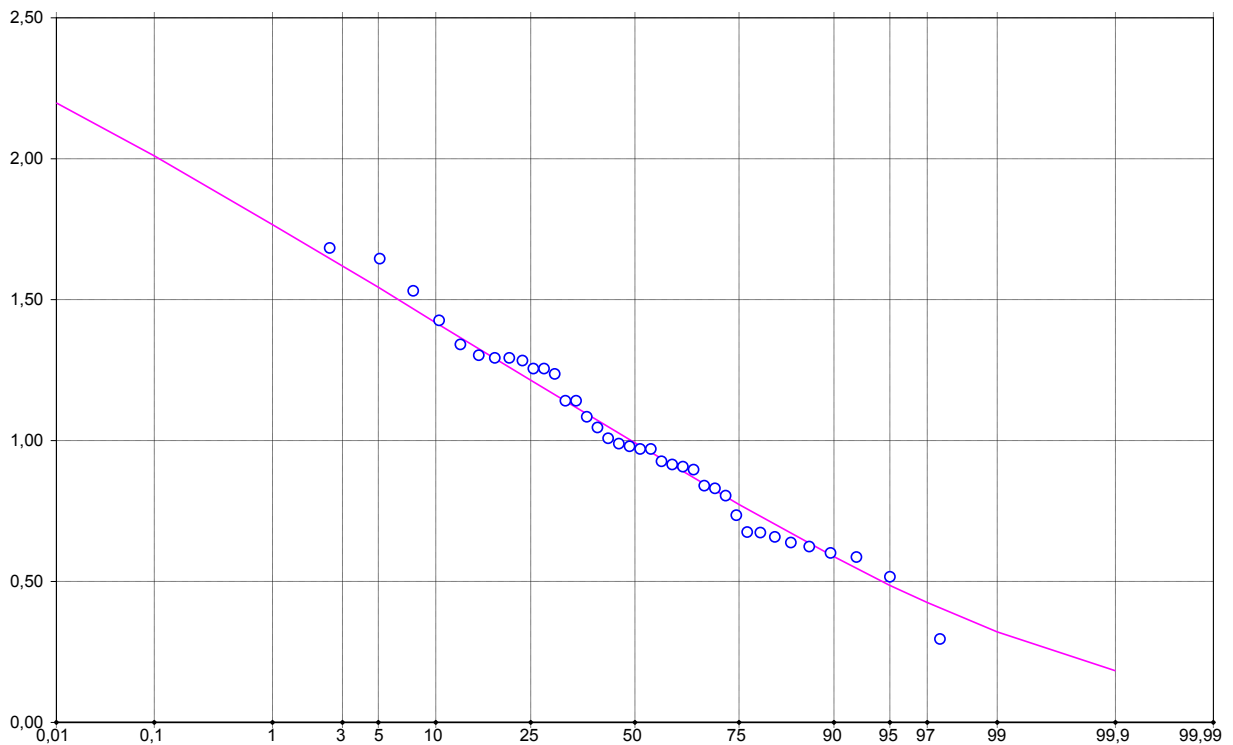


Рисунок Б.6 – Эмпирическая и аналитическая кривая максимальных расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1976-2014 гг.

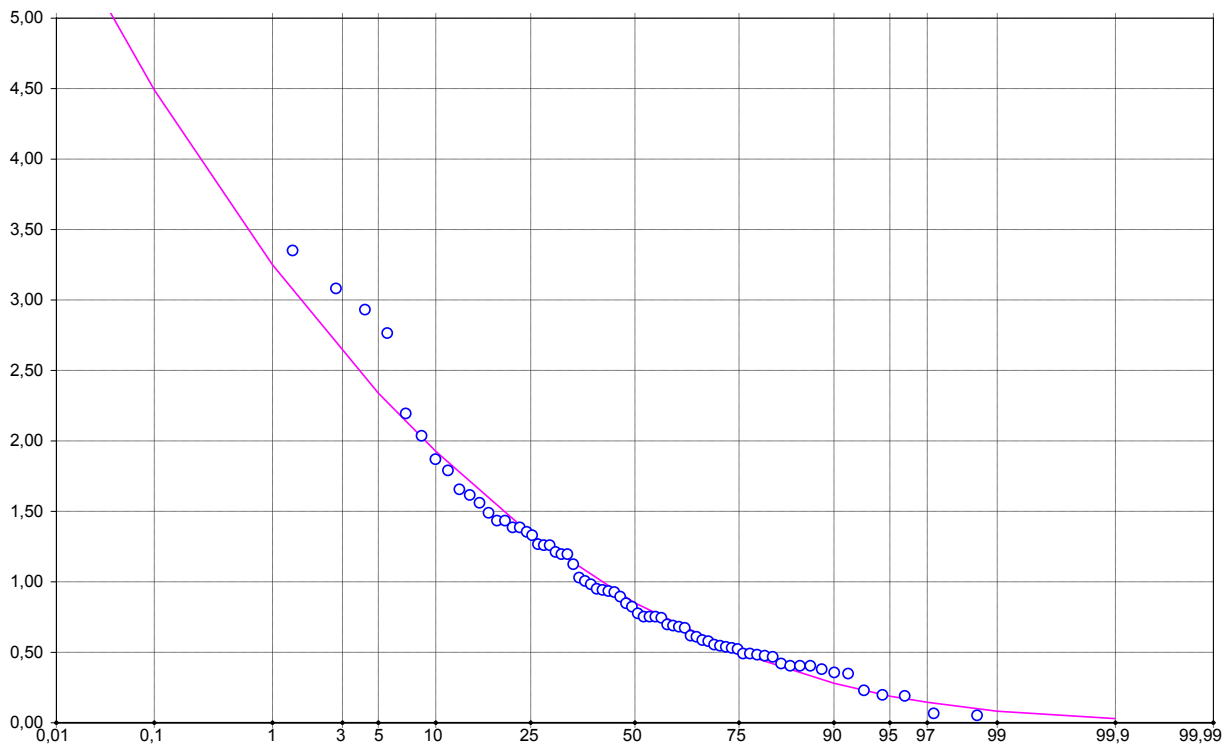


Рисунок Б.7 – Эмпирическая и аналитическая кривая минимальных зимних расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1946-2014 гг.

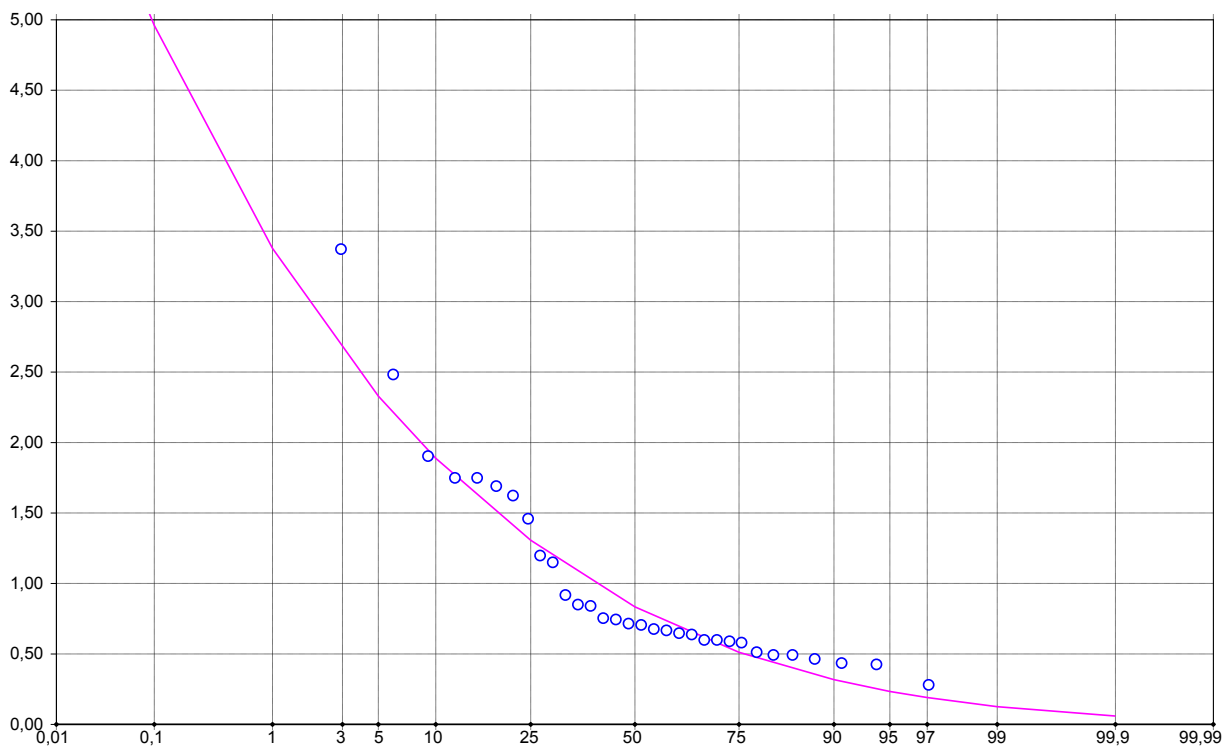


Рисунок Б.8 – Эмпирическая и аналитическая кривая минимальных зимних расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1946-1976 гг.

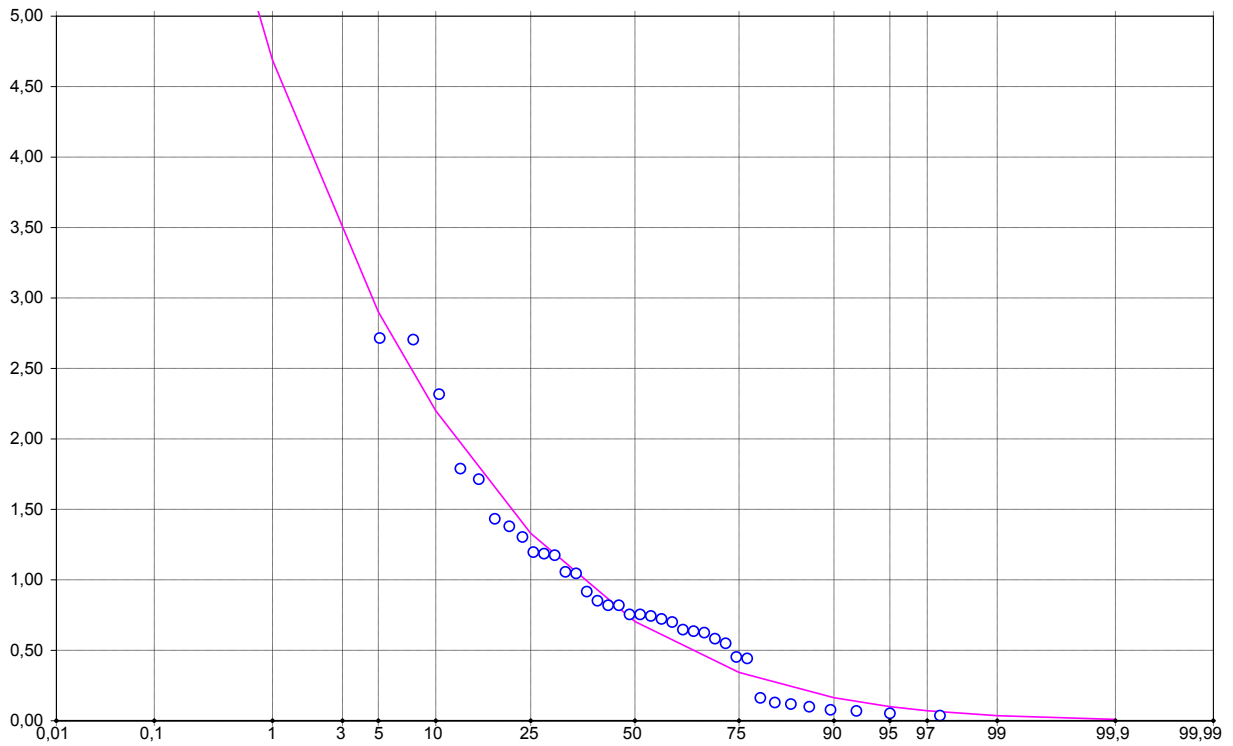


Рисунок Б.9 – Эмпирическая и аналитическая кривая минимальных зимних расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1977-2014 гг.

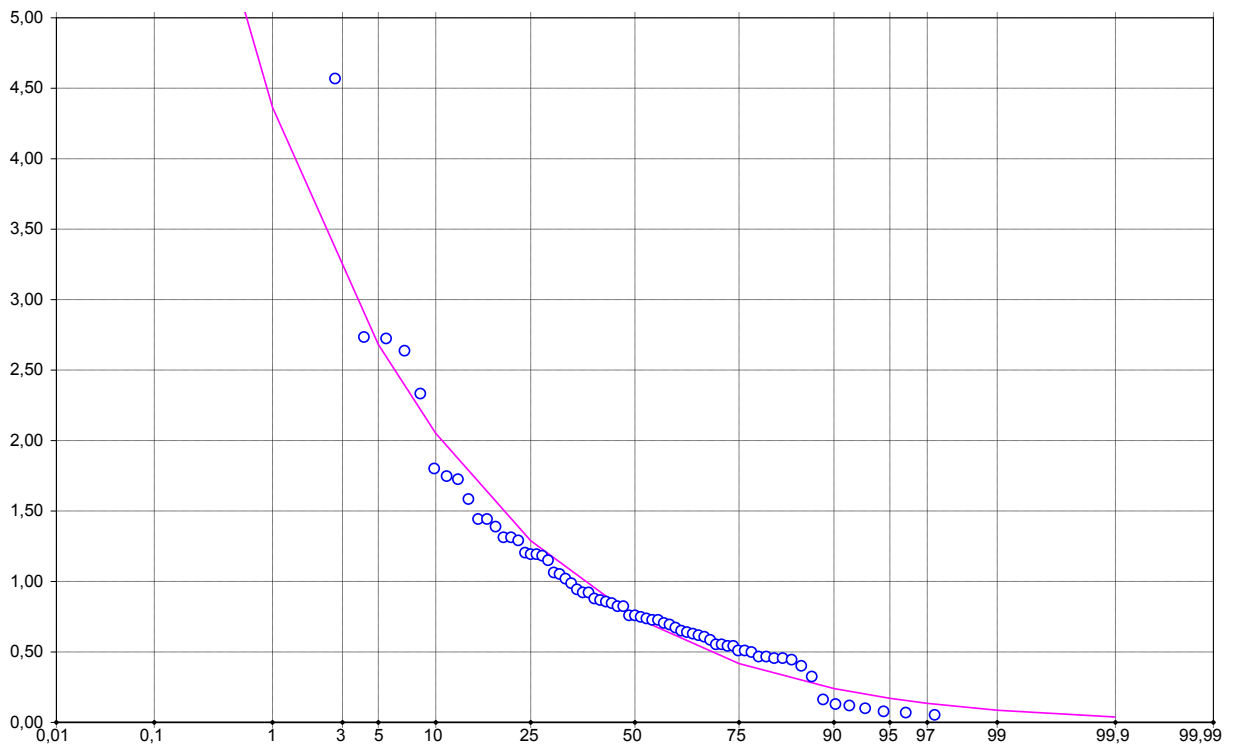


Рисунок Б.10 – Эмпирическая и аналитическая кривая минимальных летних расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1946-2014 гг.

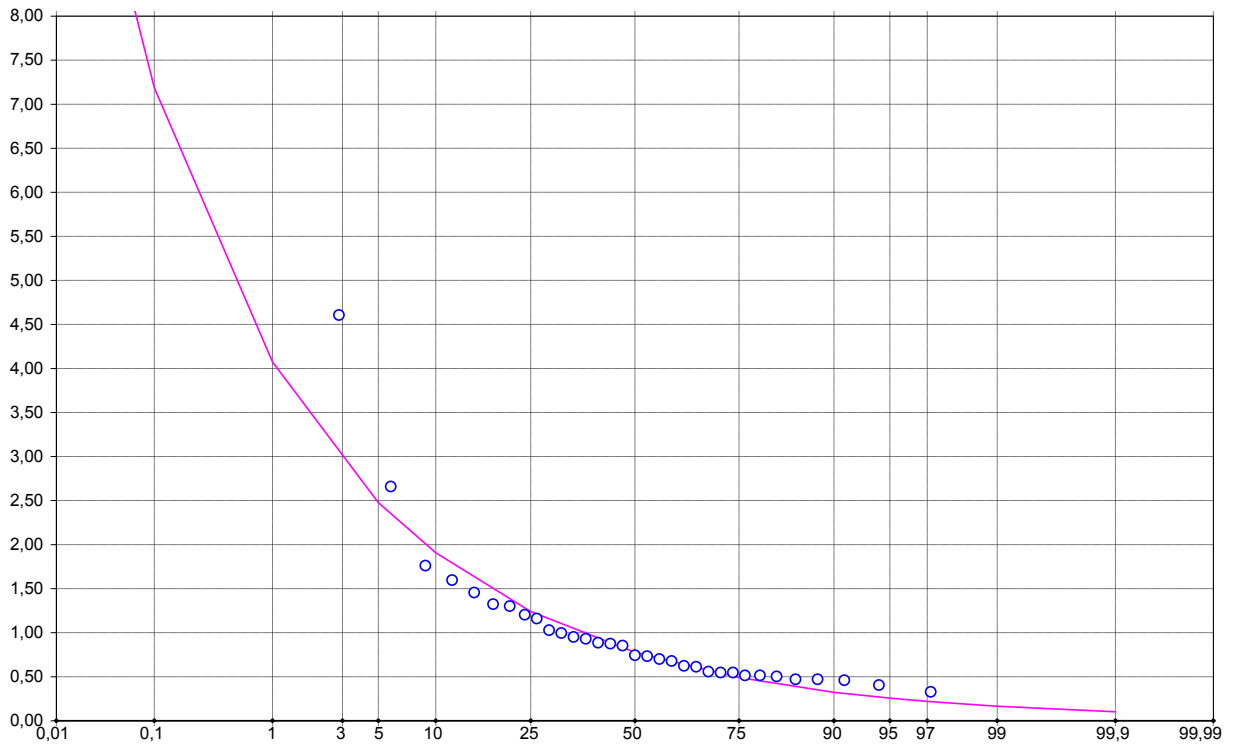


Рисунок Б.11 – Эмпирическая и аналитическая кривая минимальных летних расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1946-1976 гг.

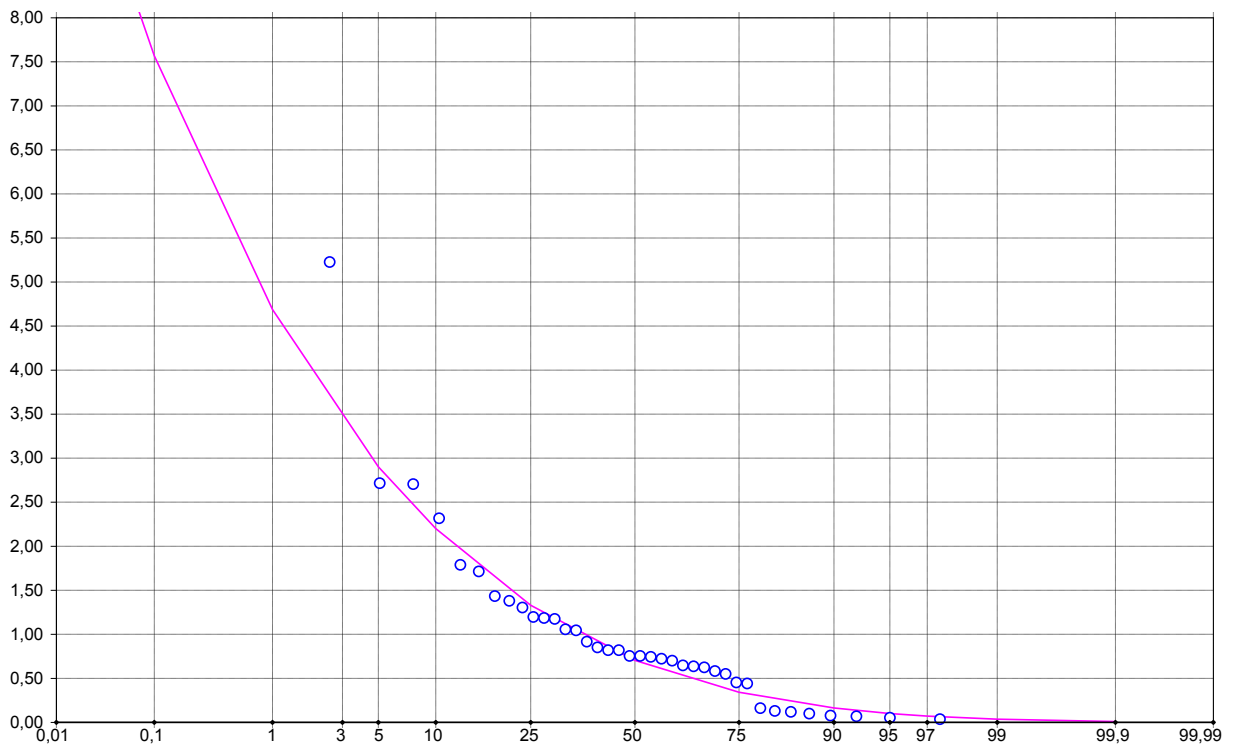


Рисунок Б.12 – Эмпирическая и аналитическая кривая минимальных летних расходов воды р. Тосна ст. Тосна за 1977-2014 гг.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Внутригодовое распределение стока

Таблица В.1 – среднемесячные расходы воды за водохозяйственный год
р. Тосна – ст. Тосна 1946-2013 гг.

год	Не лимитирующий период			Лимитирующий период								
	3	4	5	Не лимитирующий сезон						Лимитирующий сезон		
				6	7	8	9	10	11	12	1	2
1946/1947	49,3	22,9	6,55	0,66	0,74	2,45	5,72	7,05	2,71	0,75	0,61	0,76
1947/1948	34,8	14,7	12	1,24	1,35	0,85	0,81	1,07	3,89	1,24	1,92	1,53
1948/1949	57,9	6,83	0,8	1,09	2,16	4,64	16,7	21,7	10,9	2,23	2,35	2,3
1949/1950	30,1	4,71	11,3	2,25	1,53	1,74	2,17	2,22	12,9	2,22	0,77	1,67
19450/1951	36,4	7,09	8,65	1,43	0,71	1,56	7,04	20	18,8	2,06	0,62	0,69
1951/1952	60,4	6,08	1,55	11,7	0,84	0,5	0,43	0,63	3,5	4,89	2,06	0,95
1952/1953	56	7,08	4,67	1,63	4,54	13,1	21,2	9,47	11,3	0,95	0,66	1,85
1953/1954	14	13,7	1,35	1,94	2,07	2,74	7,41	13,9	6,38	3,83	4,01	2,15
1954/1955	17,1	76	7,06	0,9	0,55	0,46	0,65	1,26	0,95	0,64	0,58	0,53
1955/1956	19,3	53,5	1,2	0,56	0,58	0,57	0,9	0,87	4,49	1,36	2,54	1,21
1956/1957	56,6	23,2	5,15	1,34	5,18	15,5	18,4	10,4	4,88	3,76	1,21	1,21
1957/1958	37,5	48,2	3,89	2,08	9,18	1,84	21,6	9,66	2,41	1,7	2,45	4,99
1958/1959	81,5	8,83	1,52	1,35	0,5	1,33	3,56	3,2	0,6	0,63	0,46	0,49
1959/1960	42,3	11,7	2,3	1,34	0,55	1,79	1,81	4,2	16,9	5,37	3,46	19,1
1960/1961	34,1	10,5	1,25	1,21	11,3	7,14	2,21	3,03	4,27	4,97	3,78	2,05
1961/1962	70,3	15,6	8,42	14,6	4,83	34,2	7,49	23,6	5,95	1,06	0,83	0,79
1962/1963	26,5	14,5	0,93	0,64	2,05	1,12	7,71	11,9	1,66	1,32	0,74	0,73
1963/1964	28,3	14	6,14	0,57	0,62	0,5	0,67	1,42	1,49	0,98	0,88	1,29
1964/1965	41,7	13,2	1,62	0,87	1,19	0,78	1,47	1,22	0,81	0,84	0,93	1,78
1965/1966	60,4	54,9	1,73	1,19	2,13	3,1	10,2	4,67	2,22	0,76	0,77	6,06
1966/1967	43,9	20,9	2,44	0,82	0,56	0,5	3,33	7,97	2,15	0,81	0,65	8,13
1967/1968	51,4	12,1	1,1	2,24	1,19	1,71	10,2	19,5	2,51	1,34	0,77	0,62
1968/1969	38,3	33	2,67	0,8	0,57	0,95	1,14	6,48	5,6	1,11	0,69	1,04
1969/1970	49,6	14,2	1,13	1,68	1,24	3,05	10,4	15,3	5,29	4,17	5,82	3,34
1970/1971	62,7	13,4	8,9	0,84	1,05	0,69	1,37	1,55	1,29	0,72	0,57	1,61
1971/1972	34,1	9,24	1,81	0,66	0,3	0,32	0,57	1,15	2,29	0,49	0,31	1,47
1972/1973	11	5,21	1,88	0,53	0,38	0,59	2,64	5,82	1,89	1,9	1,77	2,74
1973/1974	26	24,7	8,8	10,4	15,6	2,7	8,04	19,8	14,7	14,6	4,9	10,1
1974/1975	35,6	3,37	1,08	0,76	0,58	0,7	0,66	0,63	0,67	0,84	0,64	0,76
1975/1976	3,52	21	11,1	2,97	1,06	3,14	1,63	3,58	7,13	1,32	0,74	2,13
1976/1977	4,89	14,6	1,97	0,93	1,74	1,67	9,54	17,4	5,12	1,58	1,09	1,97
1977/1978	5,14	7,44	1,09	2,16	7,49	14,2	9,46	15,2	4,49	1,25	0,95	1,58
1978/1979	3,83	27,6	0,81	1,91	2,81	1,16	3,8	7,71	8,86	1,5	0,87	0,85
1979/1980	3,59	14,2	1,51	1,19	2,38	2,24	5,68	13,6	7,65	4,84	2,29	3,68

Продолжение Таблицы В.1

год	Не лимитирующий период			Лимитирующий период								
				Не лимитирующий сезон						Лимитирующий сезон		
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
1980/1981	37	16,6	8,91	1,11	0,84	3,45	10,8	16,7	7,49	3,69	2,21	4,98
1981/1982	61,9	8,78	2,14	1,76	0,8	2,57	9,33	17,9	10,1	11	4,58	9,48
1982/1983	49,2	7,03	1,37	0,7	0,58	0,65	2,78	6,94	8,66	10,2	4,52	2,26
1983/1984	58	6,91	1,35	0,62	0,59	1,22	6,35	7,95	2,95	1,01	0,6	0,93
1984/1985	38,5	21,8	11,3	2,3	2,08	5,03	13,1	17,6	3,86	3,04	2,11	5,5
1985/1986	62,1	13,9	1,14	3,75	2,6	30,7	14,7	15	8,52	1,23	0,97	0,91
1986/1987	27,5	47,9	25,5	10,2	28,2	22,5	10,1	2,88	5,48	7,36	1,17	1,31
1987/1988	47,5	12,4	2,82	3,58	10,6	6,7	8,36	7,87	2,77	6,97	23,4	39,2
1988/1989	15	2,72	0,67	0,84	3,37	1,3	6,97	11,6	5,11	3,9	41,6	39,1
1989/1990	9,43	1,31	0,75	1	1,18	6,34	14,6	13,7	7,44	4,86	2,12	6,06
1990/1991	51,5	16,9	13,8	1,22	0,79	0,77	1,12	8,24	7,97	11,3	4,08	18,7
1991/1992	44,6	19	1,12	0,81	0,73	0,66	1,04	1,29	2,16	3,36	2,36	6,56
1992/1993	36,2	7,00	1,97	1,07	3,94	2,25	9,18	2,73	0,25	0,31	0,26	1,20
1993/1994	40,5	14,0	12,85	1,24	1,57	5,49	12,21	8,01	3,20	3,66	4,65	33,76
1994/1995	49,8	17,5	4,18	0,66	0,08	0,08	0,38	0,90	0,45	0,29	0,25	0,32
1995/1996	18,6	21,4	4,35	6,91	0,87	0,12	0,27	2,94	7,53	0,51	1,75	18,14
1996/1997	32,1	22,9	5,73	0,47	0,13	0,24	2,29	18,09	3,19	4,86	3,92	7,68
1997/1998	43,4	19,7	9,87	15,06	10,70	5,21	5,69	7,75	0,94	2,39	2,00	1,90
1998/1999	70,0	9,93	1,41	0,50	0,46	0,58	1,11	0,68	3,96	2,91	1,57	4,16
1999/2000	38,4	3,71	1,21	29,18	6,83	9,17	4,39	22,51	16,96	2,34	1,72	3,38
2000/2001	47,4	5,1	3,42	0,83	0,3	0,16	1,09	11,37	1,83	1,73	18,04	14,28
2001/2002	33,6	3,8	0,44	0,27	0,07	0,06	0,17	0,48	0,17	0,075	0,068	0,35
2002/2003	13,8	15	1,71	5,77	4,06	9,85	28,5	11,3	16,1	6,13	1,78	8,88
2003/2004	53,9	6,16	12	26,4	2,51	5,72	14,2	19,6	10,7	21,2	3,81	1,44
2004/2005	40,3	21,6	8,34	1,15	0,33	0,11	0,3	2,91	2,82	0,87	0,08	0,17
2005/2006	32,4	8,4	12,19	0,07	0,04	0,15	1,03	6,55	10,3	21,9	2,06	12,47
2006/2007	8,81	7,74	0,61	0,25	0,1	0,22	1,22	1,32	3,52	1,77	2,96	11,1
2007/2008	56,2	5,77	1,13	1,54	3,14	5,93	7,38	16,2	19,3	3,09	1,95	1,2
2008/2009	33,8	4,75	4,34	1,33	2,63	4,84	14,8	19,8	13,8	1,78	1,07	1,57
2009/2010	78,60	13,20	6,26	1,32	0,70	1,03	2,07	13,20	2,99	2,97	2,22	1,13
2010/2011	71,00	16,10	2,12	1,08	2,17	2,10	8,63	8,04	28,40	16,30	2,34	2,01
2011/2012	37,80	12,30	5,20	2,15	2,12	2,41	8,98	36,70	10,80	5,55	3,00	1,46
2012/2013	42,40	23,90	5,20	2,12	1,08	0,51	1,94	19,10	12,60	11,00	4,47	8,40

Таблица В.2 – Ранжированные расходы за водохозяйственный год, лимитирующий сезон и период р. Тосно ст. Тосно 1946-1976 гг.

№	$p\%$	ΣQ	год	$\Sigma Q_{лп}$	год	$\Sigma Q_{лс}$	год
1	3,23	187,67	62/63	100,84	74/75	29,6	74/75
2	6,45	160,34	74/75	93,35	62/63	27,93	60/61
3	9,68	148,13	66/67	64,70	53/54	13,33	70/71
4	12,90	146,83	57/58	64,07	48/49	10,8	61/62
5	16,13	145,50	58/59	61,88	57/58	9,99	54/55
6	19,35	132,45	53/54	55,91	58/59	9,59	67/68
7	22,58	129,60	48/49	54,52	60/61	9,14	58/59
8	25,81	115,22	70/71	52,91	50/51	7,9	51/52
9	29,03	110,82	60/61	50,29	70/71	7,59	66/67
10	32,26	106,68	55/56	44,43	54/55	6,88	48/49
11	35,48	105,05	50/51	40,08	68/69	6,41	73/74
12	38,71	104,68	68/69	39,96	61/62	6,18	57/58
13	41,94	103,97	59/60	31,10	66/67	5,11	56/57
14	45,16	100,20	46/47	27,87	63/64	4,69	47/48
15	48,39	94,69	71/72	27,47	49/50	4,66	49/50
16	51,61	93,53	51/52	25,50	51/52	4,19	76/77
17	54,84	92,35	69/70	24,92	67/68	3,55	65/66
18	58,06	92,16	67/68	23,70	76/77	3,46	53/54
19	61,29	87,08	56/57	21,45	46/47	3,37	50/51
20	64,52	85,81	61/62	18,38	69/70	3,15	64/65
21	67,74	75,40	47/48	18,26	73/74	2,9	71/72
22	70,97	73,58	49/50	13,90	47/48	2,84	69/70
23	74,19	73,48	54/55	13,08	56/57	2,79	63/64
24	77,42	69,80	63/64	12,12	59/60	2,73	68/69
25	80,65	66,41	65/66	9,89	65/66	2,68	62/63
26	83,87	59,32	76/77	9,69	71/72	2,27	72/73
27	87,10	56,86	64/65	8,42	64/65	2,24	75/76
28	90,32	52,71	72/73	7,56	72/73	2,12	46/47
29	93,55	46,29	75/76	6,52	55/56	1,75	55/56
30	96,77	36,35	73/74	6,24	75/76	1,58	59/60

Таблица В.3 – Ранжированные расходы за водохозяйственный год, лимитирующий сезон и период р. Тосно ст. Тосно 1977-2013 гг.

№	$p\%$	ΣQ	год	$\Sigma Q_{лп}$	год	$\Sigma Q_{лс}$	год
1	2,63	190,10	87/88	113,79	89/90	84,60	89/90
2	5,26	177,64	04//05	109,45	88/89	69,57	88/89
3	7,89	172,17	88/89	105,58	04//05	42,08	94/95
4	10,53	160,29	11//12	96,47	00/01	36,43	06//07
5	13,16	155,52	86/87	92,37	03//04	34,08	91/92
6	15,79	141,15	94/95	89,20	87/88	34,05	01//02
7	18,42	140,34	82/83	78,38	86/87	26,45	04//05
8	21,05	139,82	00/01	73,80	94/95	25,06	82/83
9	23,68	136,39	91/92	73,17	12//13	23,87	13//14
10	26,32	132,72	13//14	71,07	11//12	20,65	11//12
11	28,95	132,18	89/90	67,52	82/83	20,40	96/97
12	31,58	128,47	12//13	61,62	09//10	16,98	83/84
13	34,21	126,22	85/86	61,22	13//14	16,79	03//04
14	36,84	125,69	10//11	59,73	08//09	16,47	97/98
15	39,47	124,57	98/99	57,30	90/91	15,83	07//08
16	42,11	122,88	03//04	56,78	78/79	13,04	90/91
17	44,74	122,83	08//09	54,62	85/86	12,28	92/93
18	47,37	113,78	81/82	54,57	06//07	10,88	81/82
19	50,00	107,56	06//07	54,19	91/92	10,81	80/81
20	52,63	105,51	01//02	51,64	98/99	10,65	85/86
21	55,26	104,51	09//10	51,27	81/82	10,01	12//13
22	57,89	101,60	97/98	49,63	01//02	9,84	87/88
23	60,53	97,24	99/00	43,55	80/81	8,64	99/00
24	63,16	94,89	83/84	41,04	77/78	7,44	00/01
25	65,79	88,48	84/85	40,88	97/98	6,32	10//11
26	68,42	83,69	92/93	39,05	96/97	6,29	98/99
27	71,05	83,42	96/97	37,29	83/84	6,24	08//09
28	73,68	78,98	05//06	29,47	79/80	4,64	77/78
29	76,32	74,92	95/96	27,63	10//11	4,42	09//10
30	78,95	70,45	78/79	22,46	07//08	3,78	78/79
31	81,58	68,79	90/91	22,22	84/85	3,22	79/80
32	84,21	66,40	93/94	21,19	93/94	3,11	86/87
33	86,84	62,85	80/81	18,97	92/93	2,54	84/85
34	89,47	62,50	77/78	15,93	99/00	1,76	93/94
35	92,11	61,71	79/80	8,74	05//06	1,12	05//06
36	94,74	39,62	07//08	3,41	95/96	0,86	95/96
37	97,37	39,59	02//03	1,71	02//03	0,49	02//03

