



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

Кафедра гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(дипломный проект)

На тему **Внутригодовое распределение
стока реки Луга в условиях
современного климата**

Исполнитель Агаева Алина Анатольевна
(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)

«15» июня 2016 г.

Санкт-Петербург
2016



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

Кафедра гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(дипломный проект)

На тему **Внутригодовое распределение
стока реки Луга в условиях
современного климата**

Исполнитель **Агаева Алина Анатольевна**
(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	
1.1	Геологическое строение	
1.2	Рельеф	
1.3	Почвенный покров	
1.4	Растительность	
2	Климатическая характеристика района	
2.1	Многолетнее распределение метеорологических характеристик	
3	Внутригодовое распределение стока реки Луга	
3.1	Методы расчетов внутригодового распределения стока	
3.1.1	Метод реального года	
3.1.2	Метод компоновки	
3.2	Расчет внутригодового распределения стока р. Луга	
3.3	Расчет внутригодового распределения стока методом реального года	
3.4	Расчет внутригодового распределения стока реки Луга методом компоновки.	
4	Анализ данных	
5	Заключение	
6	Список использованных источников	
7	Приложения	

Введение

В XXI веке для экономического развития, обеспечения жизненных потребностей и безопасности населения наряду с энергетическими ресурсами решающее значение приобретают водные ресурсы.

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 начале 70-х годов преобладающим в климатологии было мнение об изменении климата в сторону похолодания, причем считалось вероятным, что понижение температуры воздуха будет продолжаться и в последующем. 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.

Северо-Запад территории России, в частности бассейн р. Луга - это один из перспективных для освоения и изучения районов страны. Исследование проводилось для р. Луга, которая берет начало из Тесовских болот в Новгородской области и впадает в Лужскую губу Финского залива. Длина реки составляет 353 км, а площадь его водосбора 13 200 км². Средний расход р. Луга в 60 км от устья 93 м³/с. Для обеспечения потребностей в воде, необходимо иметь сведения о состоянии водных объектов, особенно о внутригодовом распределении стока.

Для решения поставленных задач в работе использовались данные наблюдений над расходами воды реки Луга по постам Луга (с 1946 по 2014 гг.), Толмачево (с 1946 по 2014 гг.) и Кингисепп (с 1946 по 2014 гг.).

1. КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

1.1. 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. Лишь самая северная окраина территории – север Карельского перешейка – относится к южной оконечности Балтийского щита и сложена древнейшими кристаллическими породами архейско-протерозойского комплекса, представленного различного рода гнейсами и сланцами.

Осадочные коренные образования области представлены преимущественно 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°С погружаются под более молодые в направлении с северо-запада на юго-восток. На крайнем северо-западе области, на склоне Балтийского щита, под четвертичными отложениями залегают 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 примерно 60% всей области Северо-Запада. Представлены они двумя отделами: средним (песчаники, доломиты, мергели). и верхним (известняково-мергелистая и пестроцветная толщи). Мощность отложений среднего девона 50-150 м, верхнего девона – до 300 м.

С востока и юго-востока область развития девонских отложений сменяется вытянутой 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, эоловые (дюнные) пески.

Минимальная 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.

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

Карст. В границах описываемой территории 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 состав закарстованных пород входят доломиты, известняки, мергели, гипсы, соленосно-карбонатные породы. Карстовые массивы служат хорошими аккумуляторами подземных вод. По периферии возвышенностей обычно наблюдается обильное выклинивание их, что обуславливает повышенные значения модулей стока. Для областей распространения карста характерно большое изменение стока на небольших площадях, несовпадение поверхностных и подземных водосборов.

Наиболее сильно современный 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. Наибольшие из них, так же как поверхностные формы, приурочены к тектоническим трещинам. На других участках Силурийского плато с увеличением мощности четвертичных отложений до 6-8 м (морена, ленточные глины) поверхностные формы карста практически не развиваются. Этим можно объяснить очень слабое их 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 встречаемые 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.

1.2. Рельеф

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

Прибалтийская низменность – довольно однообразная слабоволнистая равнина, на которой отчетливо выделяется ряд возвышенностей и понижений. Абсолютные отметки поверхности в среднем составляют 50-100м, 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 расчлененной речной сетью. По южной окраине ее располагаются камовые холмы (Лемболовские, Токсовские высоты и др.).

Силурийское (Ордовикское) плато, вытянутое почти в широтном направлении 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 широко развит карст. Вдоль северного 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 выполаживается и не превышает 15 м.

Возвышенности – Лужская, Судомская и Бежаницкая – это так называемый меридиональный пояс краевых ледниковых образований,

соответствующий различным стадиям валдайского оледенения – представляют собой сложное чередование конечноморенных холмов, гряд и камовых холмов с относительными высотами до 100-125 м.

Понижения рельефа в виде обширных низменностей с абсолютными отметками от 0 до 50 м, редко более, расположены в северной, центральной и западной частях территории. Это (с севера на юг) Вуоксинская низина в северной части Карельского перешейка, Предглинтовая низменность, включающая впадины Финского залива, Ладожского и Онежского озер (по местным названиям Лужско-Нарвская, Приморская, Приневская и Приладожская), Приильменная или Волхово-Ловатская низина с котловиной, занятой оз. Ильмень, и Чудско-Псковская низина с впадиной Чудского и Псковского озер.

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

Возвышенная часть территории Северо-Запада – восточная, юго-восточная и южная – расположена в пределах Валдайской возвышенности, которая широкой дугой окаймляет Прибалтийскую низменность и тянется от восточного побережья Онежского озера до г.Великие Луки, переходя далее на территорию Белоруссии и Литвы. Валдайская возвышенность является краевой зоной валдайского ледника. Она приурочена к Карбоновому плато, сложенному известняками нижне- и средне-каменноугольного возраста, а южнее г.Валдая – к выступам в рельефе девонских пород и состоит из многочисленных холмов и гряд преимущественно округлой формы, разделенных долинами и лощинами с множеством озер. Для гряд характерна северо-восточная ориентировка. Относительная высота холмов и гряд 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 высотой до 70-100 м, прорезанный многочисленными глубокими современными долинами рек, интенсивно дренирующими водоносные горизонты каменноугольных отложений. Местами уступ замаскирован конечноморенными образованиями.

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

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 большое распространение имеют дерново-подзолистые и дерново-карбонатные почвы 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. Сильноподзолистые почвы приурочены к супесчаным отложениям, средне- и слабоподзолистые – к песчаным.

Для Валдайской гряды типичен ландшафт конечных морен, который обуславливает значительную пестроту почвообразующих пород. В основном она сложена валунными суглинками, а ложбины и впадины, занимающие пространство между грядами, заняты озерами, заболоченными почвами и болотами. Поэтому почвенный покров здесь крайне разнообразен. Преобладают дерновые, дерново-слабоподзолистые и сильноподзолистые 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-подзолистые почвы. В южной части возвышенности, кроме суглинистых, встречаются грубопесчаные отложения с преобладанием средне и сильноподзолистых почв.

Рассматриваемая территория расположена 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 повышение влажности почвы вследствие увеличения количества осадков и одновременно уменьшение 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 Климатическая характеристика района

Климат определяется статистическими характеристиками ансамбля многих различных состояний атмосферы и подстилающей поверхности. Проблема климата и его изменений, несомненно, является одной из центральных в современной науке. Интерес к ней значительно возрос в последние десятилетия, особенно с появлением теории «глобального потепления».

Так как изменения климатических характеристик влияют на природные условия и хозяйственную деятельность, появляется необходимость в уточнении климатического режима того или иного района для выявления тенденций его изменения. Термический режим наиболее изменчив в зимний период; в это время года чаще наблюдаются аномалии температуры воздуха.

Климат ЕТР формируется в условиях малого количества солнечной радиации зимой, под воздействием северных морей и интенсивного воздушного переноса. Территория региона большую часть года находится под влиянием арктических воздушных масс и испытывает частое воздействие циклонов.

Прохождение циклонов с Атлантики и вторжения арктического воздуха с Ледовитого океана обуславливают значительную неустойчивость погоды в течение всего года. Наиболее развита циклоническая деятельность зимой и осенью. В тыл циклонов поступают холодные воздушные массы с Арктики, в основном, с Карского моря.

Вторжение арктического воздуха сопровождаются ясной и сухой погодой, зимой оно вызывает резкое похолодание, в теплое время года – заморозки. С юга и юго-востока поступают континентальные воздушные массы, охлажденные зимой и достаточно прогретые летом.

Большая протяженность территории ЕТР с запада на восток и с севера на юг и разнообразие физико-географических условий приводят к значительным различиям климата отдельных районов.

Климат исследуемого района умеренно-континентальный, лето короткое и умеренно-прохладное, зима многоснежная, продолжительная и холодная. Климат формируется в условиях малого количества солнечной радиации зимой, под воздействием северных морей и интенсивного западного переноса воздушных масс. Вынос теплого морского воздуха, связанный с прохождением атлантических циклонов, и частые вторжения арктического воздуха с Северного Ледовитого океана придают погоде большую неустойчивость в течение всего года.

Территория относится к зоне влажного климата с весьма развитой циклонической деятельностью. Особенно обильные осадки выпадают при циклонах, поступающих из районов Черного и Средиземного морей. Циклоны с Атлантики приносят осадки менее интенсивные, но более продолжительные.

Снежный покров является фактором, оказывающим существенное влияние на формирование климата в зимний период, в основном вследствие большой отражательной способности поверхности снега. В то же время снежный покров предохраняет почву от глубокого промерзания. Наиболее интенсивный рост высоты снежного покрова идет от ноября к январю, в месяцы с наибольшей повторяемостью циклонической погоды, когда сохраняются основные запасы снега. Наибольшей величины он достигает во второй декаде марта.

Данные наблюдений за температурой приземного воздуха показывают, что потепление климата обнаруживается в большинстве регионов Российской Федерации во второй половине XX века. Увеличение температуры в среднем по территории России за последние 100 лет в полтора-два раза превысило глобальное потепление.

При этом по сравнению со столетним трендом в последние десятилетия скорость потепления на территории России увеличилась в несколько раз. Наибольшее потепление в это время наблюдалось на северо-западе ЕТР, на юге Западной Сибири, на Северном Кавказе. Изменение температуры не было

однозначным во все сезоны: так, зимой на Чукотке наблюдалось похолодание, а летом, наоборот, значительное потепление. Столетние тренды средних годовых осадков незначительны и варьируют не только по величине, но и по знаку. В последние десятилетия отмечается некоторое увеличение годовых сумм осадков в целом по территории России, причем наибольшее в Западной и Центральной Сибири. Наиболее заметное увеличение количества осадков на территории России наблюдалось весной. При этом на северо-востоке России количество осадков убывало как летом, так и зимой. Основной причиной увеличения стока рек зимой на Европейской территории России, по-видимому, является повышение температуры воздуха и связанное с этим увеличение повторяемости зимних оттепелей.

2.1 Многолетнее распределение метеорологических характеристик

Региональные изменения климата, наблюдаемые на территории Северо-Запада, согласуются с общими тенденциями этих изменений в глобальном масштабе. Анализ линейных трендов средней годовой температуры воздуха показывает, на этой территории наблюдается устойчивое повышение температуры. Положительные годовые скорости составляют $0,4 - 0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет. В последние 30 лет скорость повышения средней годовой температуры составила $1,0-1,2^{\circ}\text{C}/30$ лет. На графике средней годовой температуры воздуха, разбитого на периоды мы можем наблюдать четкую картину изменений. В период с 1950-1980 увеличение температуры наблюдается на $0.1-0.2^{\circ}\text{C}$, а с 1980-2014 уже на $1.5-1.7^{\circ}\text{C}$.

Наибольший вклад в повышение годовой температуры воздуха вносит январь. До 1980 идет понижение температуры на $3.5-4.0^{\circ}\text{C}/30$ лет, после 1980 года наблюдается повышение температуры на $2.5-3.0^{\circ}\text{C} /30$ лет. С колоссальным повышением температуры за зимние месяцы, мы можем

наблюдать на Рисунке 2.4 увеличение осадков за зимние месяцы. На Рисунке 2.5. можно увидеть увеличенное осадков за весь период выбранных лет.

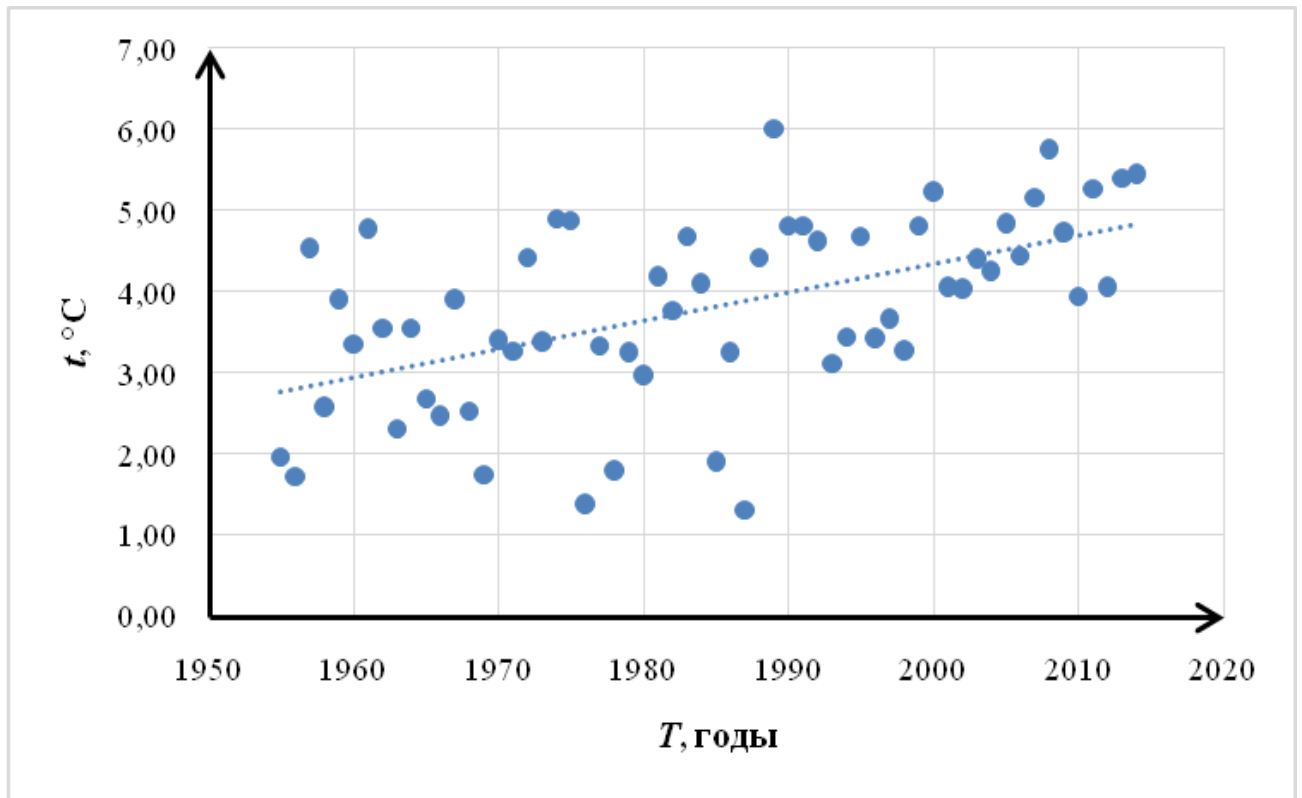


Рисунок 2.1- Хронологический график средней годовой температуры воздуха за весь период наблюдений

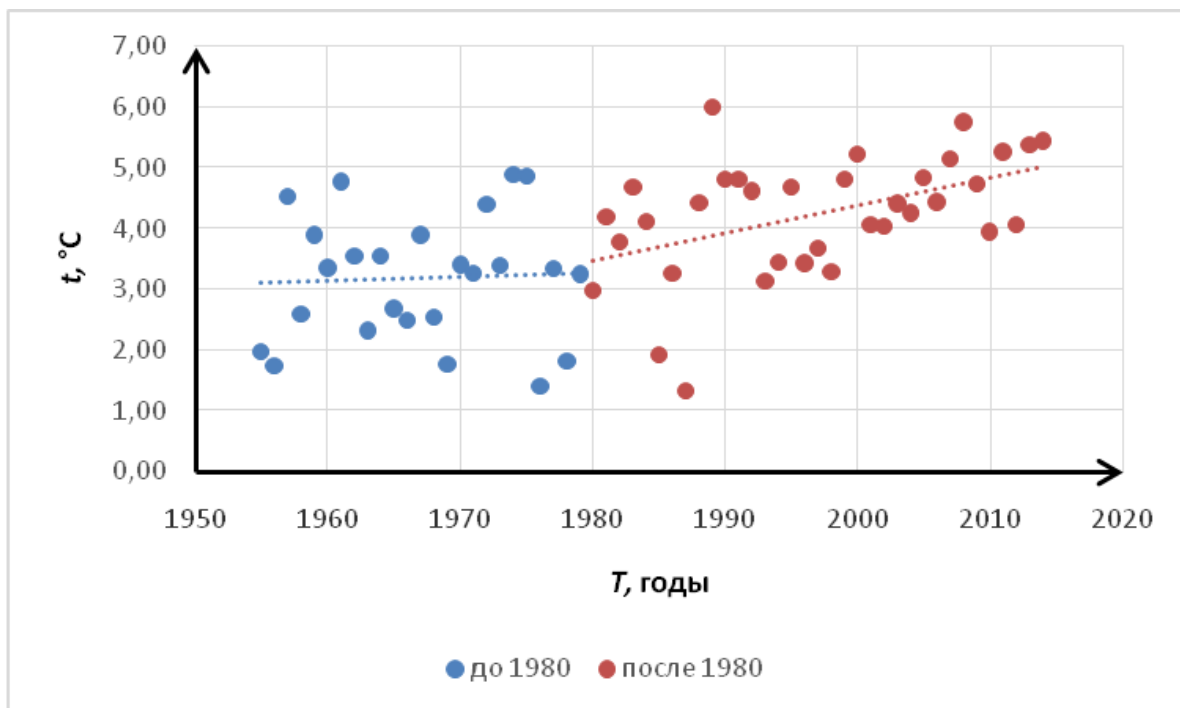


Рисунок 2.2 – Хронологический график средней годовой температуры воздуха с разбивкой на рассматриваемые периоды

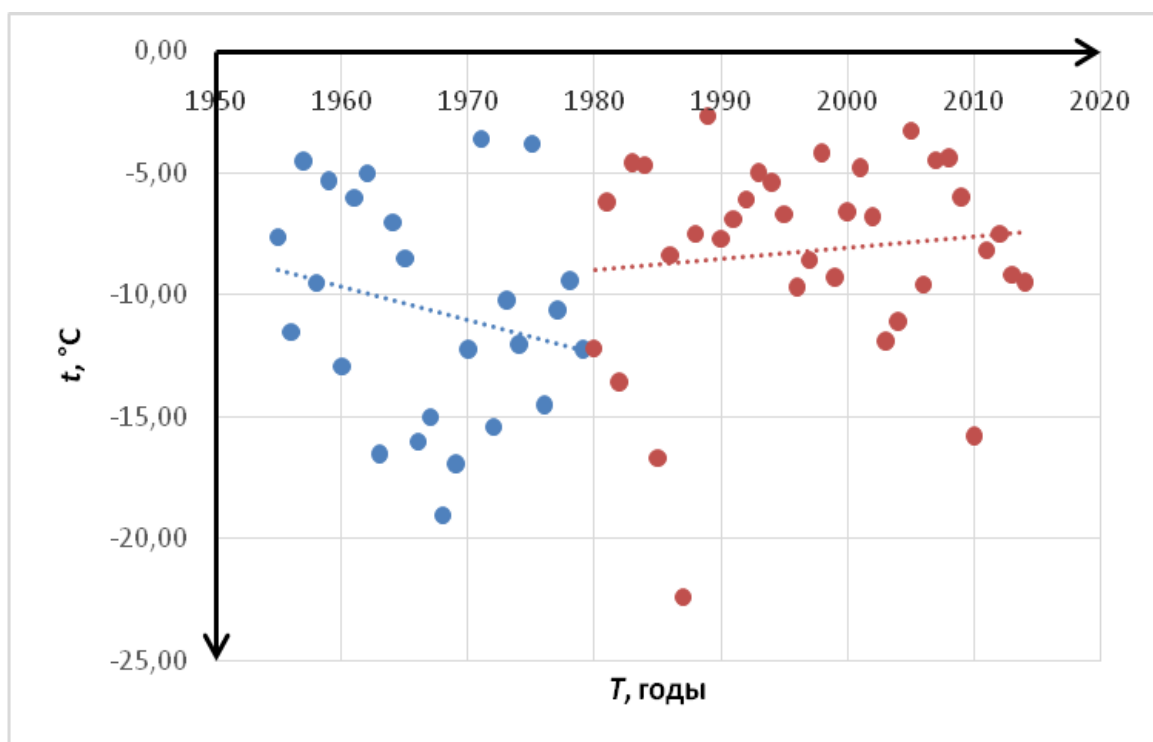


Рисунок 2.3 – Хронологический график температуры воздуха января с разбивкой на рассматриваемые периоды

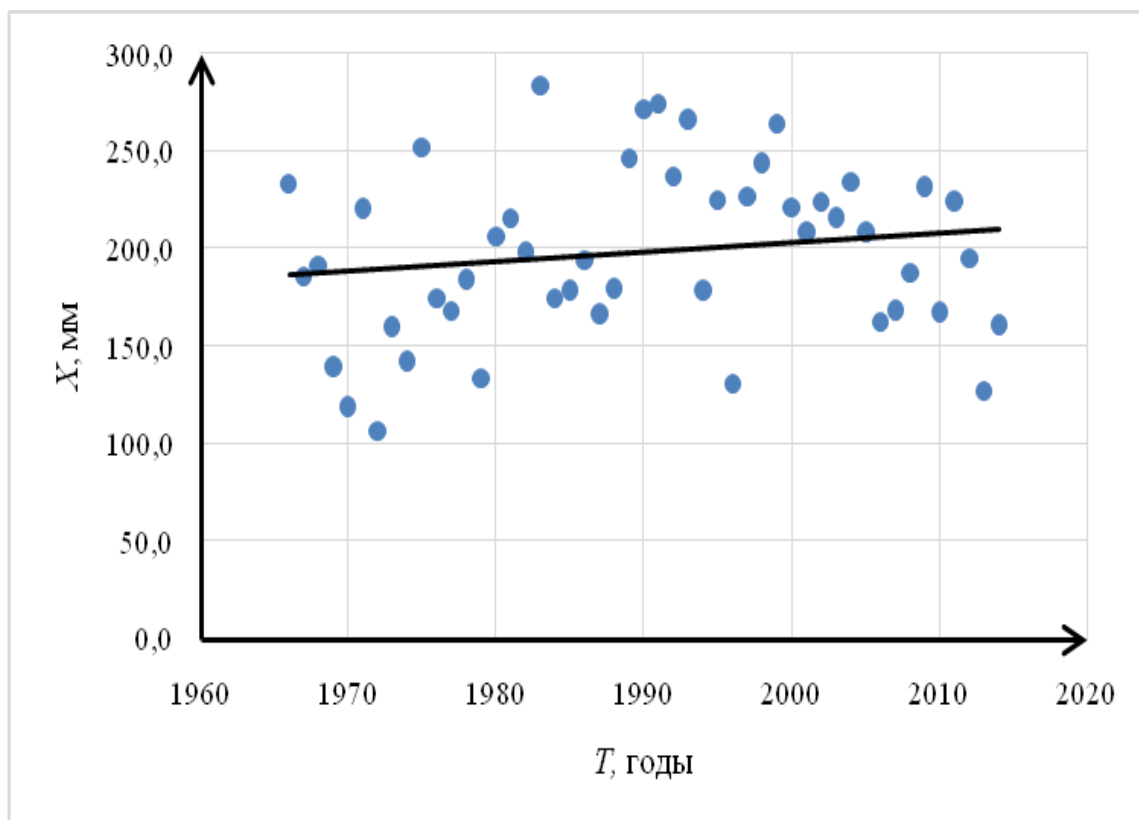


Рисунок 2.4 – Хронологический график сумма осадков за зимние месяцы.

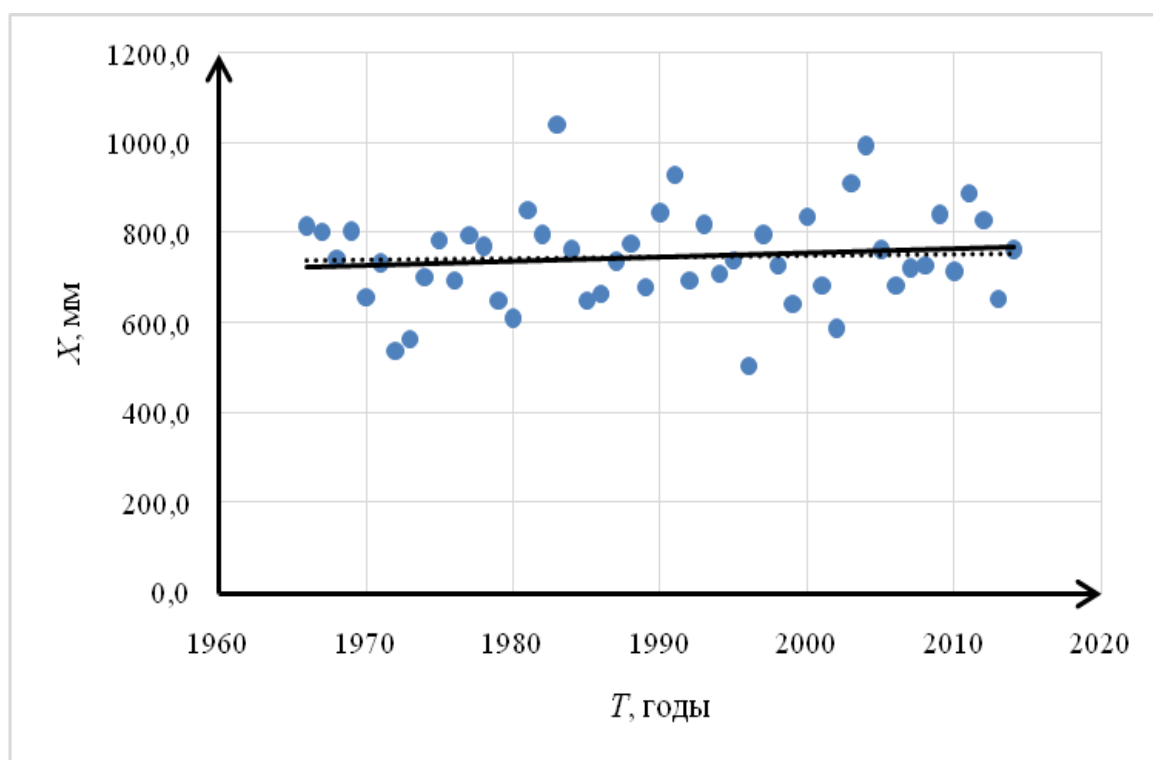


Рисунок 2.5 Хронологический график годовой суммы осадков.

3. Внутригодовое распределение стока реки Луга

3.1 Методы расчетов внутригодового распределения стока

Определение внутригодового распределения стока является одной из самых важных задач в гидрологии, как в практическом, так и в научном отношении. Например, на основании расчетов внутригодового распределения стока устанавливаются водохозяйственные параметры различных гидротехнических сооружений.

Определение расчетного календарного внутригодового распределения стока при длительности рядов наблюдений n , равной 15 годам и более, производится, согласно Своду правил, следующими тремя методами: 1) компоновки; 2) реального года; 3) среднего распределения стока за годы характерной градации водности. Расчеты внутригодового распределения стока рек указанными методами обычно производятся по водохозяйственным годам, начинающимся с первого месяца многоводного сезона. Исходная информация о месячном стоке обычно выражается в $\text{м}^3/\text{с}$ или в слоях стока воды.

В зависимости от типа водного режима исследуемой реки и характера использования стока конкретной реки водохозяйственный год делится на два различающихся по длительности в разных условиях периода - лимитирующий и не лимитирующий, а лимитирующий период соответственно - на два сезона - лимитирующий и не лимитирующий. Границы сезонов назначаются едиными для всех лет с округлением до месяца.

Рассматриваемые методы предназначены для определения расчетного внутригодового распределения стока за водохозяйственный год расчетной вероятности превышения ($P_{\text{расч}}$). Значение $P_{\text{расч}}$ назначается в соответствии с задачами хозяйственного использования воды исследуемой реки или с

решением конкретной гидрологической и экологической задачи. Длительность (n) многолетнего периода, необходимая для надежного определения расчетного календарного внутригодового распределения стока, должна быть такой, чтобы оценка точности расчета среднего многолетнего значения стока за лимитирующий сезон удовлетворяла требованиям нормативных документов.

В зависимости от достаточной по указанному критерию точности длительности наблюдений (n) выделяются следующие группы водности (по градациям вероятностей превышения стока реки за водохозяйственный год). При периоде наблюдений n от 15 до 30 лет обычно выделяется 3 группы водности: многоводные годы ($P < 33,3 \%$), средние по водности годы ($33,3 \% \leq P \leq 66,7 \%$) и маловодные годы ($P > 66,7 \%$). При продолжительности наблюдений более 30 лет выделяются 5 градаций водности: очень многоводные годы ($P < 16,7\%$), многоводные годы ($16,7\% \leq P < 33,3\%$), средние по водности годы ($33,3\% \leq P < 66,7\%$), маловодные годы ($66,7\% \leq P < 83,3\%$) и очень маловодные годы ($P \geq 83,3\%$). Данная схема выделения групп характерных по водности лет основана на принципе примерно равного числа лет в каждой из трех основных групп: многоводных, средних по водности и маловодных лет. По значениям стока за отдельные водохозяйственные годы и расчетные внутригодовые интервалы времени (лимитирующий период, лимитирующий сезон, не лимитирующий сезон, лимитирующий месяц и др.) определяются статистические параметры аналитических кривых вероятностей превышения и расчетные квантили. Стандартными квантилями кривых распределения вероятностей стока являются следующие: для многоводных лет, периодов, сезонов и месяцев - 1, 3, 5, 10 и 25%, для маловодных лет, периодов, сезонов и месяцев - 75, 90, 95, 97 и 99%, а для средних по водности - 50%.

3.1.1 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. Этот выбор производится из числа j -ых лет (от $j=1$ до $j=m$; m -число лет с годовым стоком заданной градации водности) расчетной группы водности с использованием следующего условия:

$$\Sigma(\Delta P)^2_j = (P_{вг} - P_{расч})^2_j + (P_{лп} - P_{расч})^2_j + (P_{лс} - P_{расч})^2_j \quad (1)$$

где $\Sigma(\Delta P)^2_j$ – результирующая сумма, которая определяется последовательно для каждого из m j -ых исследуемых водохозяйственных лет, вошедших в расчетную группу лет заданной градации водности. В качестве расчетного года принимается тот водохозяйственный год, для которого по формуле (1) получено наименьшее значение суммы $\Sigma(\Delta P)^2_j$;

$P_{расч}$ – расчетная вероятность превышения, принимаемая одинаковой для всех расчетных интервалов времени;

$P_{вг}$, $P_{лп}$, $P_{лс}$ – значения вероятностей превышения стока за выбранный водохозяйственный год, его лимитирующий период и лимитирующий сезон в расчетном створе реки, определяемые по кривой вероятностей превышения соответствующего стокового ряда

При практическом применении условия (1) для выбора характерного по водности года (особенно очень маловодного, маловодного, очень многоводного

и многоводного) необходимо, чтобы значения отклонения вероятностей превышения стока за расчетные интервалы времени от требуемой вероятности превышения не превышали 20 %. Водохозяйственный год, для которого левая часть уравнения (1) имеет наименьшее значение, принимается в качестве модели относительного (в процентах годового стока) внутригодового распределения стока.

Абсолютное расчетное распределение стока в этом методе и методе компоновки вычисляется путем умножения месячных долей стока на годовой объем стока расчетной вероятности превышения, определяемый по аналитической кривой обеспеченности.

Метод средних распределений стока за водохозяйственный год заданной градации водности в рамках данного дипломного проекта не рассматривался.

3.1.2 Метод компоновки

При использовании этого метода сток за не лимитирующий период определяется по разности расчетных значений стока за водохозяйственный год и лимитирующий период, сток за не лимитирующий сезон - по разности расчетных значений стока за лимитирующий период и лимитирующий сезон. Расчетные значения стока за водохозяйственный год, лимитирующий период, лимитирующий сезон определяются по соответствующим аналитическим кривым распределения стока с использованием принципа равенства расчетных вероятностей превышения стока ($P_{расч}$) за водохозяйственный год ($P_{вг}$), лимитирующий период ($P_{лп}$), лимитирующий сезон ($P_{лс}$) и лимитирующий месяц ($P_{лм}$).

Расчетные значения месячного стока внутри лимитирующего сезона и не лимитирующего сезона определяются с таким расчетом, чтобы получить для этих сезонов наиболее неравномерные распределения стока. С этой целью

внутри каждого из этих сезонов, входящих в соответствующую группу водности, месячные объемы стока располагаются в убывающем порядке с указанием календарных месяцев, к которым они относятся. Каждому ранжированному месячному значению каждого из m лет, входящих в рассматриваемую группу водности, присваивается свой порядковый номер. Для всех m лет данной группы водности производится суммирование месячных значений стока, имеющих одинаковые порядковые номера в полученных ранжированных их внутрисезонных рядах. Путем сложения этих сумм для всех k месяцев, входящих в рассматриваемый сезон, находится их сумма за сезон. Делением сумм стока месяцев, имеющих одинаковые порядковые номера, на их общую сумму за сезон определяется относительное внутрисезонное распределение стока (по месяцам внутри сезона в долях или % от суммарного стока).

Полученным средним за m лет месячным долям (или %) теперь вместо присвоенных ранее порядковых номеров присваиваются названия того календарного месяца, который встречался наиболее часто при сложении указанных m значений месячного стока одинакового номера. Для составного периода (например, для лимитирующего периода), включающего в себя два сезона (лимитирующий сезон и не лимитирующий сезон), месячные значения стока располагаются в порядке убывания отдельно для каждого из составляющих их сезонов (лимитирующий сезон и не лимитирующий сезон).

3.2 Расчет внутригодового распределения стока р. Луга

Исследование внутригодового распределения стока реки производилось отдельно для периода с 1946-1980 и для периода 1980-2014 гг. в соответствии с выявленными климатическими изменениями.

Таблица 3.1 – Сведения о гидрологических постах

№	Наименование	Расст.от устья, км	Площадь водосбора, км.кв.	Дата открытия
1	р. Луга-п. Луга	222	2330	30.09.1934
2	р. Луга-п. Кингисепп	60	12200	28.07.1932
3	р.Луга-п. Толмачево	182	182	14.04.1916

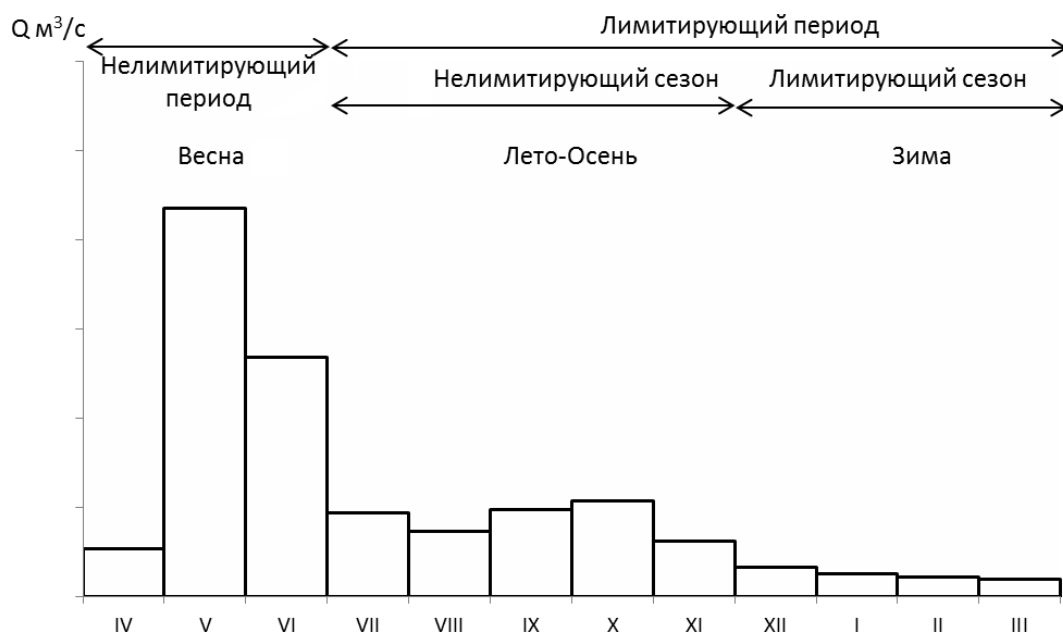


Рисунок 3.2.1 – Схема разбивки водохозяйственного года на сезоны и периоды при расчете внутригодового распределения стока реки

В годовом водном режиме реки можно выделить три основных сезона формирования стока: 1) период преобладания стока талых вод; 2) период преобладания дождевого питания; 3) период наличия ледовых явлений. Исходя из этого, за начало водохозяйственного года был принят апрель (наиболее раннее начало половодья), за лимитирующий период – часть года с июля по март, лимитирующим сезоном является зима (декабрь – март).

В многолетнем разрезе наибольшие среднемесячные значения стока за период естественного стока приходятся на май, наименьшие значения стока наблюдаются, как правило, в марте.

Для рядов сумм расходов за водохозяйственный год, лимитирующий период и лимитирующий сезон был произведен анализ статистической однородности, расчет параметров кривых распределения вероятностей и расчетных квантилей.

Статистические параметры рядов и результаты проверки однородности представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 Статистические характеристики рядов сумм среднемесячных расходов воды за водохозяйственный год, лимитирующий период и лимитирующий сезон и результаты проверки их на однородность

Пункт набл.		Период набл.	n лет	$\Sigma \bar{Q}$	c_v	c_s	Ср. кв. погрешности		S	F
							$\Sigma \bar{Q}$	c_v		
Луга	ВГ	1946-1980	35	169	0,3	0,48	2.37	1.69	+	+
	ЛП		35	73	0,06	1,0	4.39	3.21	+	+
	ЛС		35	32	0,5	1,4	2.87	2.06	+	-
	ВГ	1980-2014	33	207	0,3	0,11	3.20	2.29	+	+
	ЛП		33	106	0,5	1,0	5.54	4.05	+	+
	ЛС		28	55	0,6	1,8	4.26	3.07	+	+
Кингисепп	ВГ	1946-1980	35	1046	0,3	0,61	2.37	1.69	+	+
	ЛП		35	466	0,5	0,9	4.73	3.48	+	+
	ЛС		35	186	0,6	1,9	3.04	2.19	+	+
	ВГ	1980-2014	33	1362	0,2	0,03	2.77	1.98	+	+
	ЛП		33	769	0,4	0,3	5.12	3.72	+	+
	ЛС		33	378	0,5	1,0	5.54	4.05	+	+
Толмачево	ВГ	1946-1980	35	482	0,3	0,12	2,21	1,54	+	+
	ЛП		35	217	0,5	1,0	3,23	3,15	+	+
	ЛС		35	93	0,5	1,5	2,19	1,99	+	+
	ВГ	1980-2014	33	561	0,3	0,2	3,07	2,04	+	+
	ЛП		33	304	0,4	0,3	4,9	4,18	+	-
	ЛС		33	147	0,6	1,2	3,72	3,49	+	+

Эмпирические и аналитические кривые распределения сумм расходов за водохозяйственный год, лимитирующий период и лимитирующий сезон представлены в Приложении Б. В качестве аналитической кривой выбрана кривая Пирсона III типа, которая во всех случаях хорошо соответствует эмпирическим точкам. Расчетные обеспеченности принимались равными 5%

(очень многоводный год), 25% (многоводный год), 50% (средний по водности), 75% (маловодный год), 95% (очень маловодный год).

3.3 Расчет внутригодового распределения стока методом реального года

Таблица 3.3.1 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Луга в периоды до 1980 и после 1980 года 95%-ой обеспеченности.

P=95%														
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год	
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III		
1965-66	42,1	29,3	6,1	2,66	2,59	3,16	3,91	4,5	4,06	3,37	3,9	4,94	110,6	
Rp, %	38,07	26,49	5,52	2,41	2,34	2,86	3,54	4,07	3,67	3,05	3,53	4,47	100	
Расч.год	36,47	25,38	5,28	2,30	2,24	2,74	3,39	3,90	3,52	2,92	3,38	4,28	95,8	

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
2002-03	40,1	12,60	4,33	4,98	4,3	2,9	2,08	2,0	2,4	2,53	2,54	5,05	85,7
Rp, %	34,38	10,80	3,71	4,27	3,64	2,47	1,78	1,69	2,07	2,17	2,18	4,33	100
Расч.год	56,41	17,72	6,09	7,01	5,98	4,05	2,93	2,77	3,40	3,56	3,57	7,10	164,1

Таблица 3.3.2 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Луга в периоды до 1980 и после 1980 года 75%-ой обеспеченности.

75%													
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1971-72	86,1	18,4	7,58	4,46	2,6	2,65	5,29	5,83	4,58	4,68	4,53	6,6	153,3
Rp, %	56,16	12,00	4,94	2,91	1,70	1,73	3,45	3,80	2,99	3,05	2,95	4,31	100
Расч.год	74.67	15.96	6.57	3.87	2.25	2.30	4.59	5.06	3.97	4.06	3.93	5.72	132.9

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
2012-13	59,0	37,20	7,84	6,75	5,3	4,8	3,71	10,2	8,3	10,10	7,03	4,73	165,0
Rp, %	35,76	22,55	4,75	4,09	3,22	2,90	2,25	6,18	5,05	6,12	4,26	2,87	100
Расч.год	58,67	36,99	7,80	6,71	5,29	4,76	3,69	10,14	8,28	10,04	6,99	4,70	164,1

Таблица 3.3.3 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Луга в периоды до 1980 и после 1980 года 50%-ой обеспеченности.

50%														
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год	
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III		
1949-50	59,6	17,9	23,2	14,6	5,84	4,56	4,08	4,27	11,7	4,97	4,19	6,4	161,3	
Rp, %	36,95	11,10	14,38	9,05	3,62	2,83	2,53	2,65	7,25	3,08	2,60	3,97	100	
Расч.год	60,77	18,25	23,66	14,89	5,95	4,65	4,16	4,35	11,93	5,07	4,27	6,53	164,5	

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период										сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III		
1997-98	37,4	38,0	16,6	3,61	3,39	4,30	5,86	17,1	12,5	17,0	14,9	15,7	186,4	
Rp, %	20,05	20,37	8,93	1,94	1,82	2,31	3,15	9,18	6,69	9,14	8,00	8,43	100	
Расч.год	41,40	42,07	18,43	4,01	3,76	4,76	6,50	18,95	13,82	18,88	16,53	17,41	206,5	

Таблица 3.3.4 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Луга в периоды до 1980 и после 1980 года 25%-ой обеспеченности.

25%

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1978-79	74,2	24,9	6,81	6,17	13,8	21,4	21,2	30,8	15,8	7,19	8,18	8,46	238,9
Rp, %	31,06	10,42	2,85	2,58	5,78	8,96	8,87	12,89	6,61	3,01	3,42	3,54	100
Расч.год	62,14	20,85	5,70	5,17	11,56	17,92	17,76	25,80	13,23	6,02	6,85	7,09	200,1

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1982-83	90,8	24,7	7,82	8,08	6,01	6,09	10,7	23,1	18	22,9	14,9	14	247,1
Rp, %	36,75	10,00	3,16	3,27	2,43	2,46	4,33	9,35	7,28	9,27	6,03	5,67	100
Расч.год	91,70	24,95	7,90	8,16	6,07	6,15	10,81	23,33	18,18	23,13	15,05	14,14	249,6

Таблица 3.3.5 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Луга в периоды до 1980 и после 1980 года 5%-ой обеспеченности.

5%													
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1962-63	90,2	37,3	17,2	26,3	10,3	25,6	20,2	30,1	23,1	8,53	8,03	7,81	304,7
Рр, %	29,61	12,24	5,65	8,63	3,38	8,40	6,63	9,88	7,58	2,80	2,64	2,56	100
Расч.год	77,31	31,97	14,74	22,54	8,83	21,94	17,31	25,80	19,80	7,31	6,88	6,69	261,1

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1988-89	77,3	25,1	7,34	5,19	15,4	9	12,1	10,7	9,08	13,2	49,1	54,5	288,0
Rp, %	26,84	8,71	2,55	1,80	5,35	3,12	4,20	3,72	3,15	4,58	17,05	18,92	100
Расч.год	84,28	27,37	8,00	5,66	16,79	9,81	13,19	11,67	9,90	14,39	53,53	59,42	314,0

Таблица 3.3.6 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Кингисепп в периоды до 1980 и после 1980 года 95%-ой обеспеченности.

95%													
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1972-73	279	118	43	20,1	14,4	13,2	18,5	23,1	36,1	15,7	19,4	23,3	623,8
Рр, %	44,73	18,92	6,89	3,22	2,31	2,12	2,97	3,70	5,79	2,52	3,11	3,74	100
Расч.год	264,57	111,90	40,78	19,06	13,66	12,52	17,54	21,91	34,23	14,89	18,40	22,10	591,5

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
2002-03	274	101	35	30,3	19,1	20,5	22,6	26,9	15,8	13,9	19,6	29,2	607,9
Рр, %	45,07	16,61	5,76	4,98	3,14	3,37	3,72	4,43	2,60	2,29	3,22	4,80	100
Расч.год	415,02	152,98	53,01	45,89	28,93	31,05	34,23	40,74	23,93	21,05	29,69	44,23	920,8

Таблица 3.3.7 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Кингисепп в периоды до 1980 и после 1980 года 75%-ой обеспеченности.

75%													
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1971-72	495	128	46,8	29,5	22,7	22,6	31,5	44,2	47,9	25,7	12,4	29	935,3
Рр, %	52,92	13,69	5,00	3,15	2,43	2,42	3,37	4,73	5,12	2,75	1,33	3,10	100
Расч.год	423,33	109,47	40,02	25,23	19,41	19,33	26,94	37,80	40,97	21,98	10,60	24,80	799,9

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1992-93	383	210	52,5	29,3	23,5	23,4	29,8	38,4	56,9	64,4	76,2	112	1099,4
Rp, %	34,84	19,10	4,78	2,67	2,14	2,13	2,71	3,49	5,18	5,86	6,93	10,19	100
Расч.год	409,03	224,27	56,07	31,29	25,10	24,99	31,83	41,01	60,77	68,78	81,38	119,61	1174,1

Таблица 3.3.8 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Кингисепп в периоды до 1980 и после 1980 года 50%-ой обеспеченности.

50%														
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год	
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III		
1976-77	311	196	77,4	56,2	32,5	33,4	27,9	53,4	66	36,3	31,1	42,9	964,1	
Рр, %	32,26	20,33	8,03	5,83	3,37	3,46	2,89	5,54	6,85	3,77	3,23	4,45	100	
Расч.год	327,60	206,46	81,53	59,20	34,23	35,18	29,39	56,25	69,52	38,24	32,76	45,19	1015,6	

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
2012-13	300	188	68,5	42	33,8	74,1	107	209	95,1	106,0	69,7	50,4	1343,6
Rp, %	22,33	13,99	5,10	3,13	2,52	5,52	7,96	15,56	7,08	7,89	5,19	3,75	100
Расч.год	303,22	190,02	69,23	42,45	34,16	74,89	108,15	211,24	96,12	107,14	70,45	50,94	1358,0

Таблица 3.3.9 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Кингисепп в периоды до 1980 и после 1980 года 25%-ой обеспеченности.

25%													
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1948-49	403	119	34,5	33,3	31,8	34,6	88,6	196	131	48,9	31,8	37,5	1190
Рр, %	33,87	10,00	2,90	2,80	2,67	2,91	7,45	16,47	11,01	4,11	2,67	3,15	100
Расч.год	418,38	123,54	35,82	34,57	33,01	35,92	91,98	203,48	136,00	50,77	33,01	38,93	1235,4

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1991-92	432	174	136	66,4	58,8	52,9	82,9	150	131	201	84,9	139	1708,9
Rp, %	25,28	10,18	7,96	3,89	3,44	3,10	4,85	8,78	7,67	11,76	4,97	8,13	100
Расч.год	389,09	156,72	122,49	59,80	52,96	47,65	74,67	135,10	117,99	181,04	76,47	125,19	1539,2

Таблица 3.3.10 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Кингисепп в периоды до 1980 и после 1980 года 5%-ой обеспеченности.

5%													
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1974-75	203	163	85	62,4	152	62,9	64,1	137	154	224	110	106	1523,4
Рр, %	13,33	10,70	5,58	4,10	9,98	4,13	4,21	8,99	10,11	14,70	7,22	6,96	100
Расч.год	214,85	172,52	89,96	66,04	160,87	66,57	67,84	145,00	162,99	237,08	116,42	112,19	1612,3

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
2004-05	408	107	126	199	75,4	117	116	137	121	345	140	93,7	1985,1
Рр, %	20,55	5,39	6,35	10,02	3,80	5,89	5,84	6,90	6,10	17,38	7,05	4,72	100
Расч.год	372,34	97,65	114,99	181,60	68,81	106,77	105,86	125,02	110,42	314,84	127,76	85,51	1811,6

Таблица 3.3.11 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Толмачево в периоды до 1980 и после 1980 года 95%-ой обеспеченности.

95%													
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1972-73	99,6	52,2	18,4	9,63	7,56	8,3	11,8	13,1	14,9	9,14	8,23	13,3	266,16
Рр, %	37,42	19,61	6,91	3,62	2,84	3,12	4,43	4,92	5,60	3,43	3,09	5,00	100
Расч.год	93,31	48,90	17,24	9,02	7,08	7,78	11,05	12,27	13,96	8,56	7,71	12,46	249,4

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
2002-03	114	34,0	12,5	10,8	6,7	4,9	8,3	8,9	10,0	7,0	7,3	11,8	236
Rp, %	48,26	14,39	5,29	4,57	2,85	2,07	3,51	3,75	4,23	2,98	3,09	5,00	100
Расч.год	144,52	43,10	15,85	13,69	8,54	6,21	10,50	11,24	12,68	8,92	9,25	14,96	299,5

Таблица 3.3.12 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Толмачево в периоды до 1980 и после 1980 года 75%-ой обеспеченности.

75%													
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1947-48	145	82,3	35,1	17,6	13,8	11,3	11	11,6	15,2	13	14,3	11,9	382,1
Рр, %	37,95	21,54	9,19	4,61	3,61	2,96	2,88	3,04	3,98	3,40	3,74	3,11	100
Расч.год	144,41	81,96	34,96	17,53	13,74	11,25	10,96	11,55	15,14	12,95	14,24	11,85	380,5

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1992-93	169	107	29	14,6	12,8	12,9	14,7	16,8	20,2	23,2	32,0	39,5	491,7608
Rp, %	34,37	21,76	5,90	2,97	2,60	2,62	2,99	3,42	4,11	4,72	6,51	8,04	100
Расч.год	151,96	96,21	26,08	13,13	11,51	11,60	13,22	15,11	18,16	20,88	28,80	35,53	442,2

Таблица 3.3.13 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Толмачево в периоды до 1980 и после 1980 года 50%-ой обеспеченности.

50%													
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1977-78	150	80	22,1	15	17	14,2	26,8	43,6	32	16,9	14,1	21,3	453
Рр, %	33,11	17,66	4,88	3,31	3,75	3,13	5,92	9,62	7,06	3,73	3,11	4,70	100
Расч.год	158,59	84,58	23,36	15,86	17,97	15,01	28,33	46,10	33,83	17,87	14,91	22,52	478,9

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1983-84	194	55,6	32,6	20,5	17,2	15,4	21,4	33,2	36,9	54,8	34,2	26,7	542,5
Rp, %	35,76	10,25	6,01	3,78	3,17	2,84	3,94	6,12	6,80	10,10	6,30	4,92	100
Расч.год	197.90	56.72	33.26	20.91	17.55	15.71	21.83	33.87	37.64	55.90	34.89	27.24	553.4

Таблица 3.3.14 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Толмачево в периоды до 1980 и после 1980 года 25%-ой обеспеченности.

25%													
Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1948-49	179	57,5	19,2	19,9	17,3	23,2	42,4	85,9	59,5	24	19,9	22,9	570,7
Рр, %	31,36	10,08	3,36	3,49	3,03	4,07	7,43	15,05	10,43	4,21	3,49	4,01	100
Расч.год	181,53	58,31	19,47	20,18	17,54	23,53	43,00	87,11	60,34	24,34	20,18	23,22	578,8

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1991-92	196	90,6	62,6	32,5	18,1	16,1	20,6	42,3	52,6	68	40,8	59,8	700
Рр, %	28,00	12,94	8,94	4,64	2,59	2,30	2,94	6,04	7,51	9,71	5,83	8,54	100
Расч.год	188,78	87,26	60,29	31,30	17,43	15,51	19,84	40,74	50,66	65,50	39,30	57,60	674,2

Таблица 3.3.15 Внутригодовое распределение стока реки Луга – п. Толмачево в периоды до 1980 и после 1980 года 5%-ой обеспеченности.

5%

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1974-75	66,6	76,7	37,2	35,8	79,3	31,4	29	55,5	59,6	91	44,2	50,7	657
Rp, %	10,14	11,67	5,66	5,45	12,07	4,78	4,41	8,45	9,07	13,85	6,73	7,72	100,00
Расч.год	73.83	85.02	41.24	39.68	87.90	34.81	32.15	61.52	66.07	100.87	49.00	56.20	728.3

Год	Нелимит. Период			Лимитирующий период									сумма за год
				Нелимитирующий сезон					Лимитирующий сезон				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1988-89	178	75,4	28,6	20,3	38,3	49,5	36	34,1	26,6	34,1	96,9	116	733,8
Rp, %	24,26	10,28	3,90	2,77	5,22	6,75	4,91	4,65	3,62	4,65	13,21	15,81	100
Расч.год	207,16	87,75	33,28	23,63	44,57	57,61	41,90	39,69	30,96	39,69	112,77	135,00	854,0

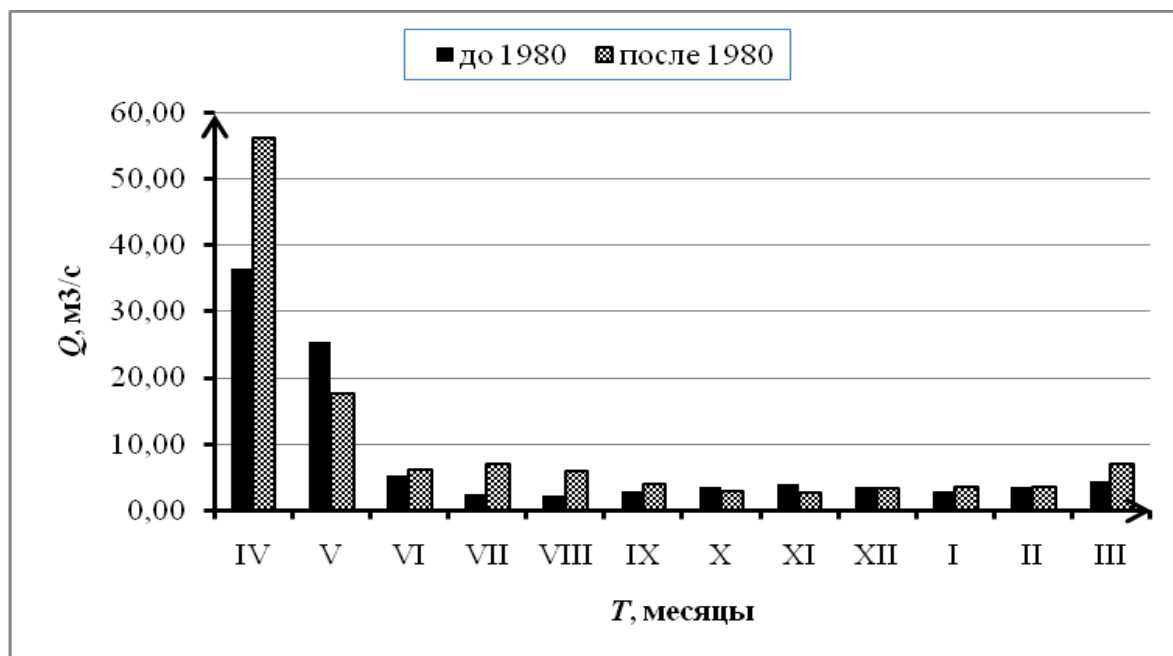


Рисунок 3.3.1- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Луга 95%-ой обеспеченности.

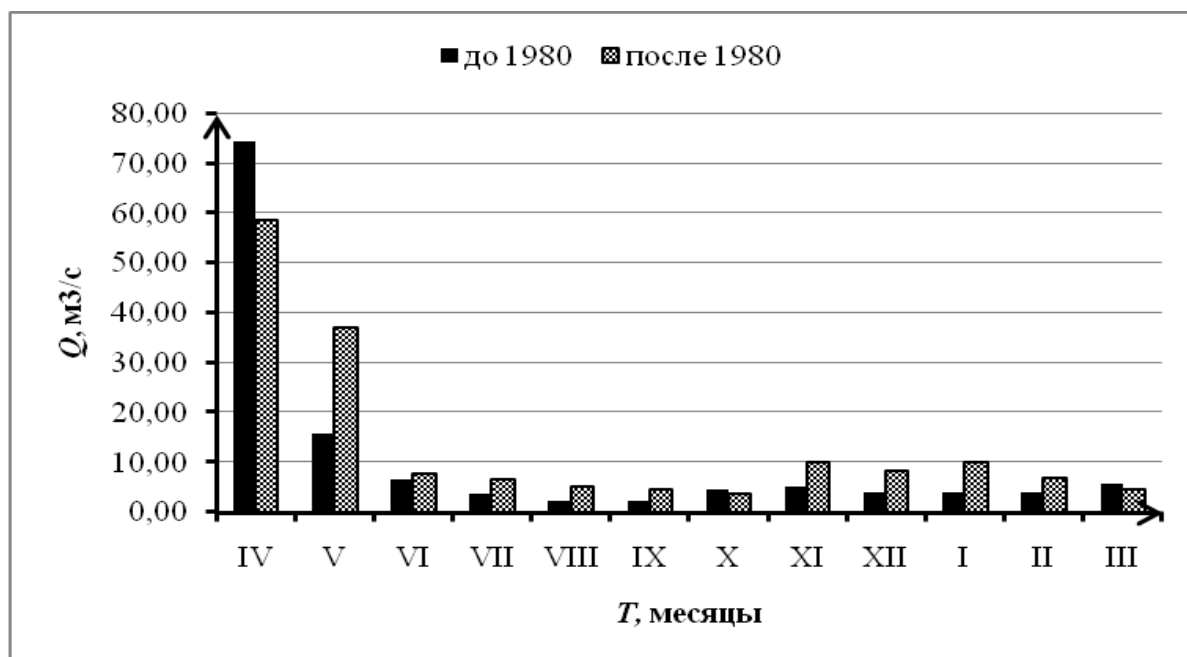


Рисунок 3.3.2- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Луга 75%-ой обеспеченности.

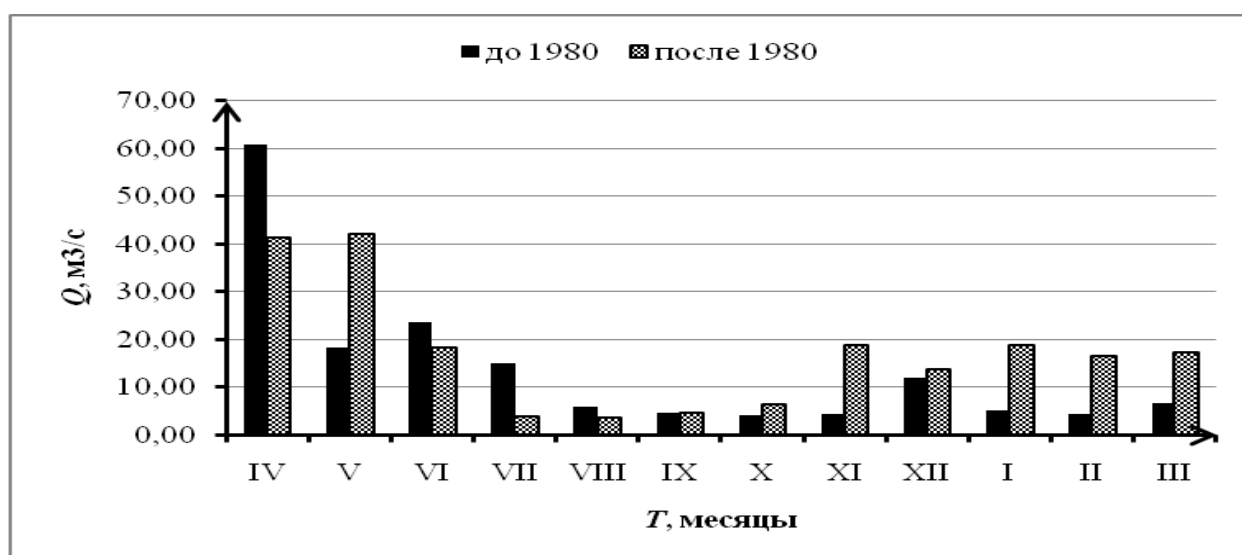


Рисунок 3.3.3- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Луга 50%-ой обеспеченности.

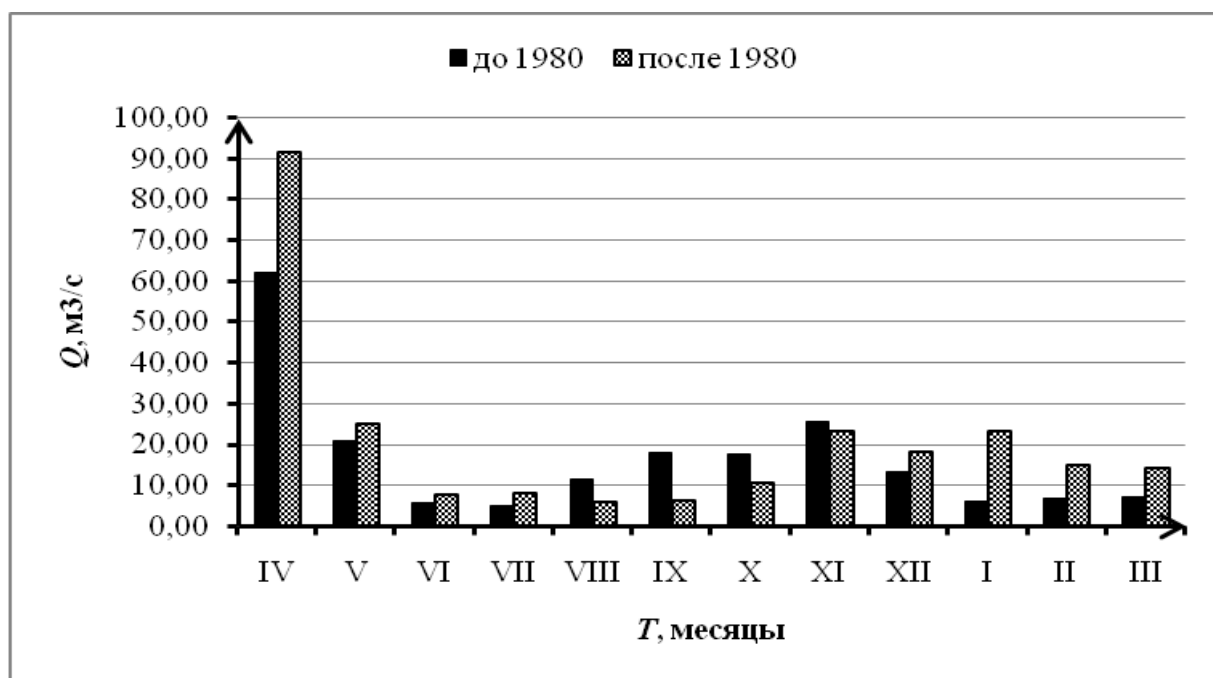


Рисунок 3.3.4- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Луга 25%-ой обеспеченности.

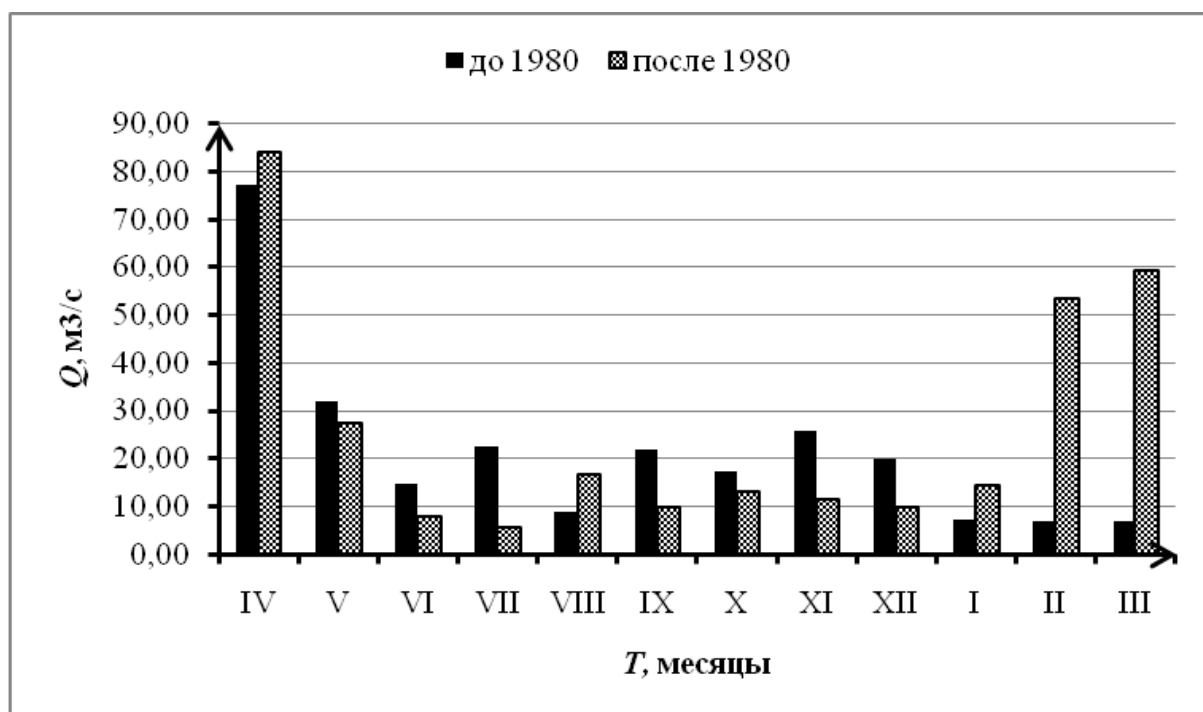


Рисунок 3.3.5- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Луга 5%-ой обеспеченность

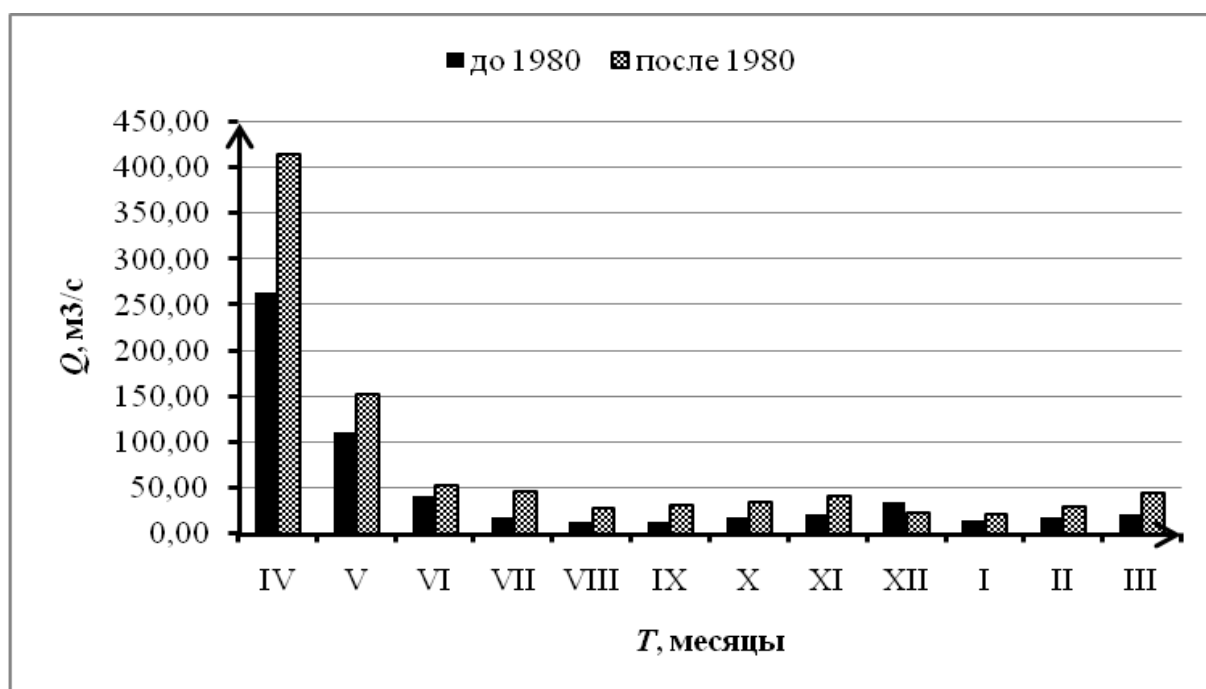


Рисунок 3.3.6- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Кингисепп 95%-ой обеспеченности.

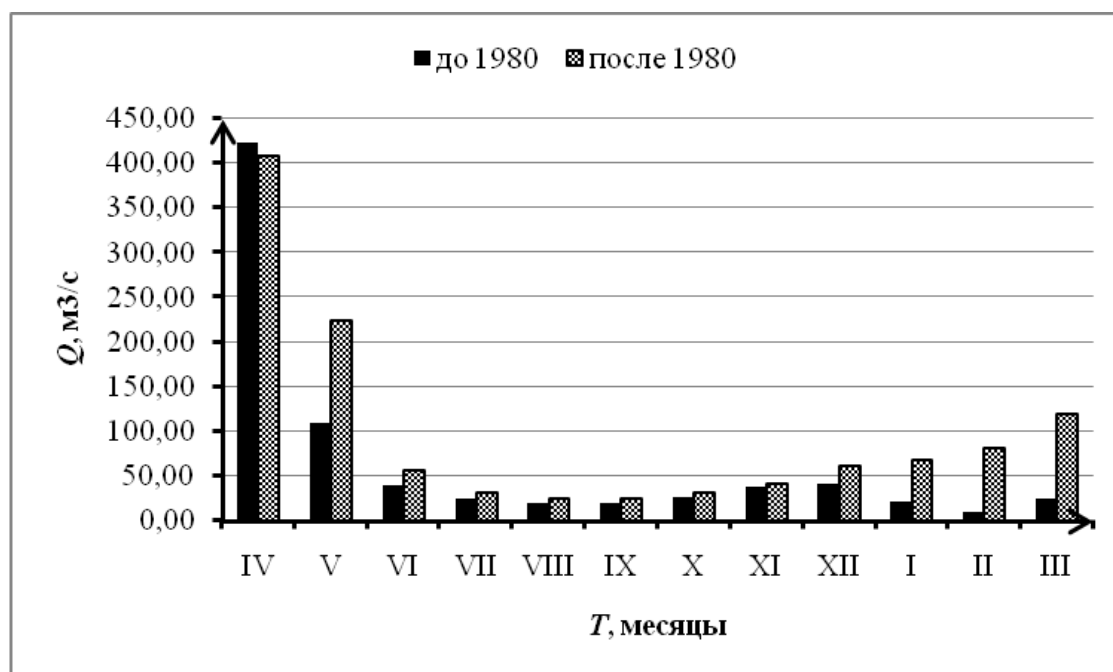


Рисунок 3.3.7- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Кингисепп 75%-ой обеспеченности.

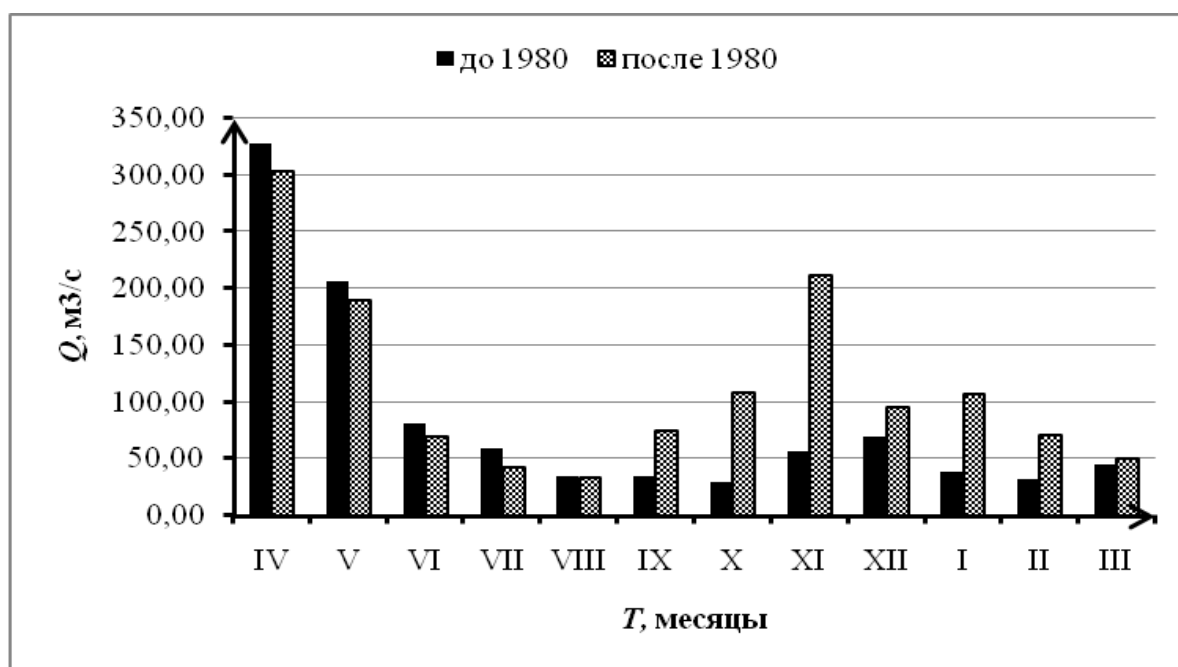


Рисунок 3.3.8- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Кингисепп 50%-ой обеспеченности.

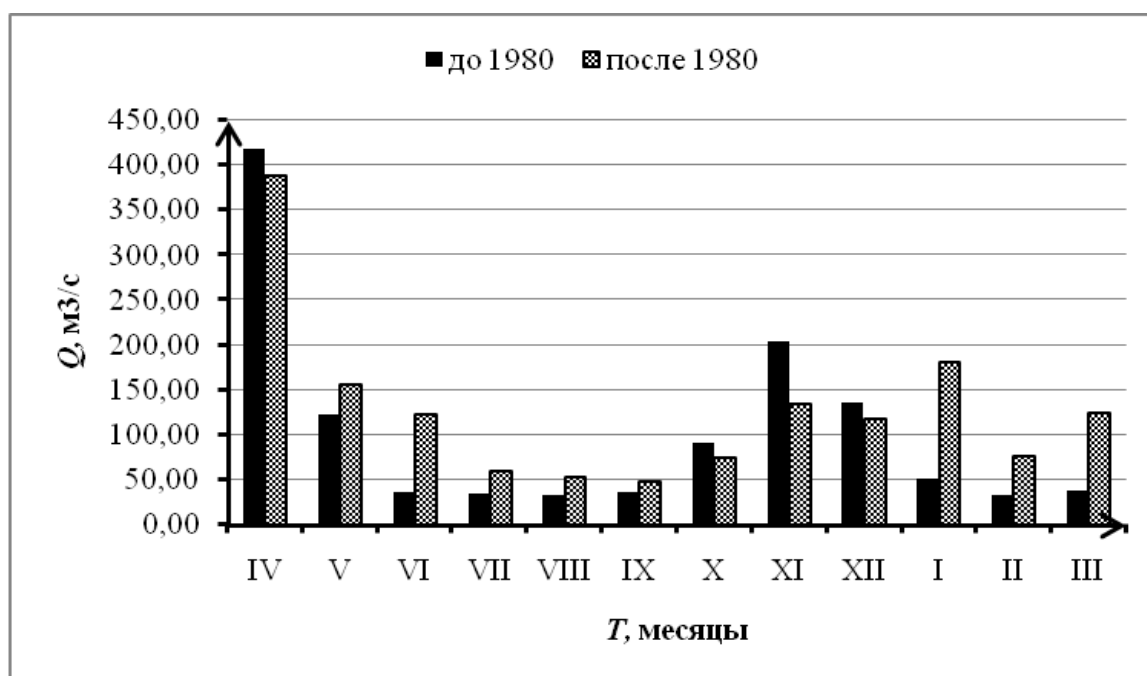


Рисунок 3.3.9- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Кингисепп 25%-ой обеспеченности.

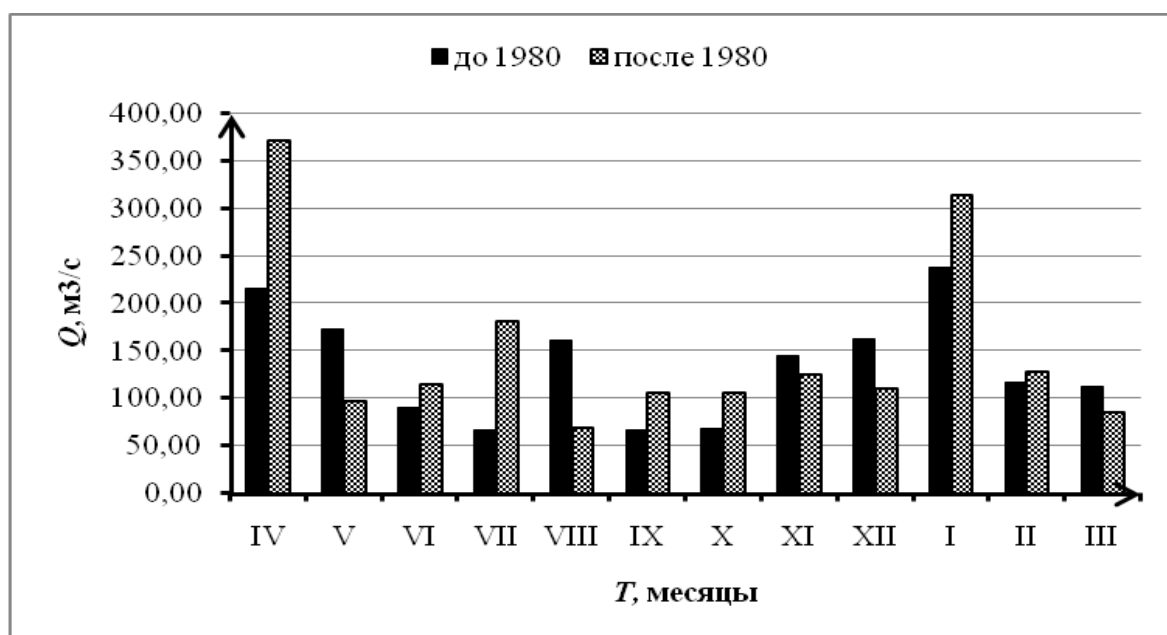


Рисунок 3.3.10- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Кингисепп 5%-ой обеспеченности.

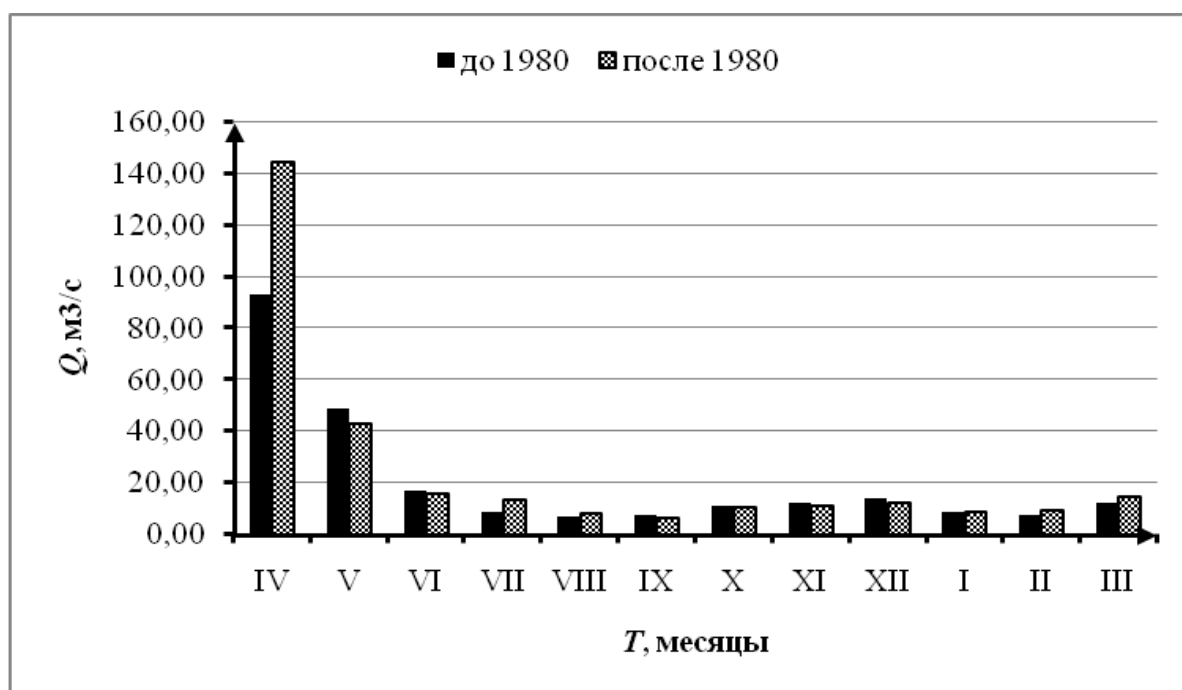


Рисунок 3.3.11- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Кингисепп 95%-ой обеспеченности.

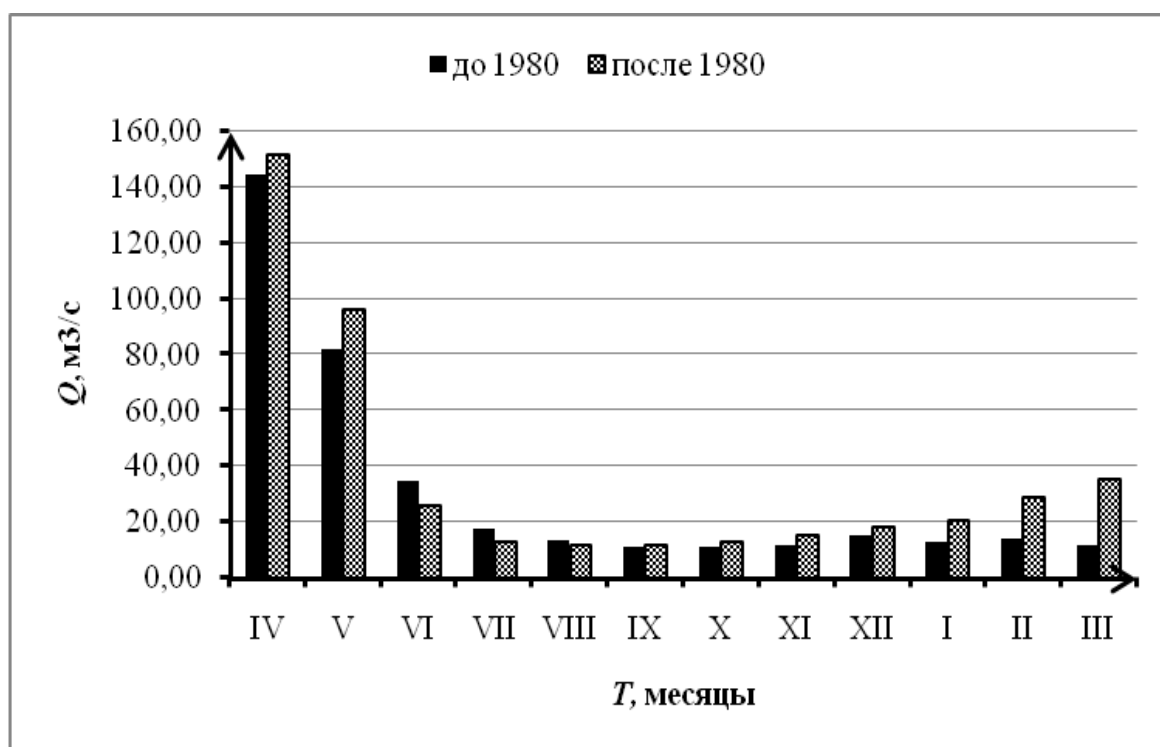


Рисунок 3.3.12- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Кингисепп 75%-ой обеспеченности.

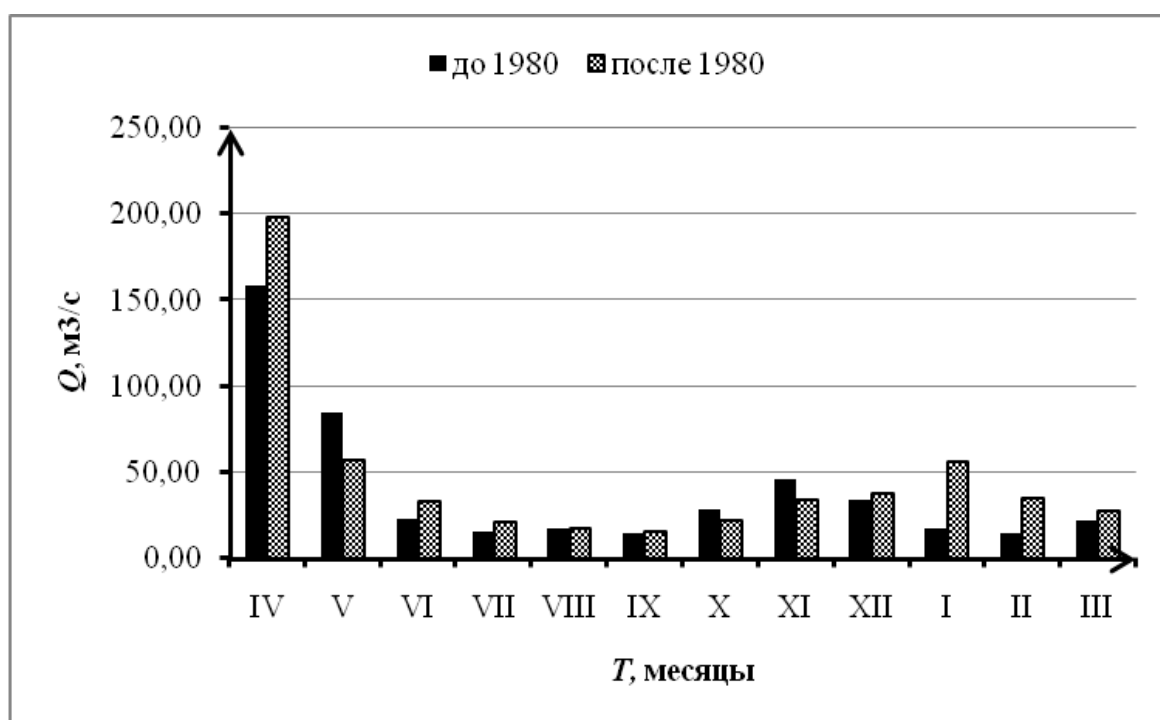


Рисунок 3.3.13- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Кингисепп 50%-ой обеспеченности.

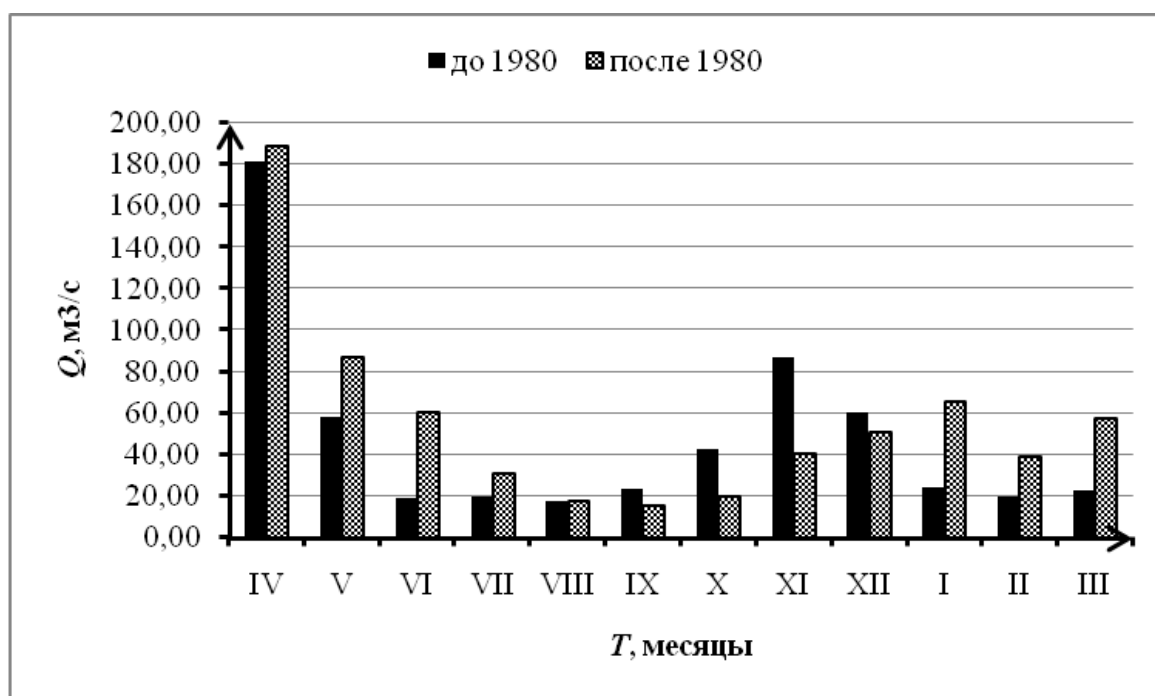


Рисунок 3.3.14- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Кингисепп 25%-ой обеспеченности

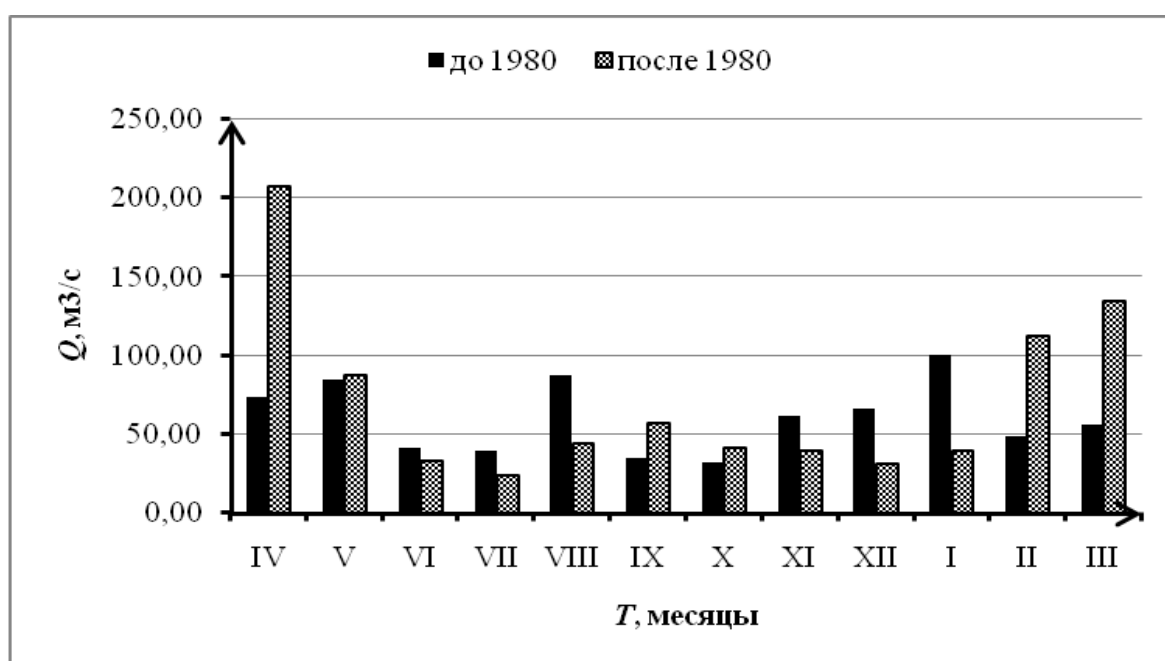


Рисунок 3.3.15- Расчетный гидрограф стока р.Луга - п.Кингисепп 5%-ой обеспеченности

3.4 Расчет внутригодового распределения стока реки Луга методом КОМПОНОВКИ.

Таблица 3.4.1 Внутригодовое распределение стока р. Луга - п.Толмачево в периоды до 1980 и после 1980 90%-ой обеспеченности.

месячный сток до 1980												сезонный			год
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	л-осень	зима	
33,46	20,82	7,56	4,38	3,47	3,48	4,02	4,71	5,45	3,98	3,81	4,71	61,97	20,06	17,97	100
83,43	51,91	18,85	10,93	8,64	8,68	10,02	11,74	13,60	9,93	9,49	11,74	154,50	50,00	44,81	249,31

месячный сток после 1980												сезонный			год
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	л-осень	зима	
37,12	16,38	8,00	3,67	0,38	3,12	4,26	7,71	3,35	4,33	3,68	6,03	61,56	21,07	17,37	100
111,17	49,04	23,97	11,00	1,14	9,34	12,74	23,09	10,04	12,95	11,03	18,05	184,35	63,09	52,02	299,464

Таблица 3.4.2 Внутригодовое распределения стока р. Луга – п.Толмачево в периоды до 1980 и после 1980 50%-ой обеспеченности.

месячный сток до 1980												сезонный			год
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	л-осень	зима	
34,1	18,3	5,9	3,6	5,0	3,8	4,9	6,9	6,4	4,4	3,6	3,1	58,3	24,1	17,5	100
163,4	87,7	28,2	17,1	23,8	18,0	23,5	33,1	30,7	21,0	17,4	14,9	279,3	115,6	84,0	478,91

месячный сток после 1980												сезонный			год
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	л-осень	зима	
25,4	14,1	6,1	4,5	6,3	4,8	6,2	8,8	10,1	6,0	4,2	3,3	45,6	30,7	23,7	100
140,5	78,2	33,8	25,1	35,0	26,5	34,6	48,7	56,0	33,0	23,4	18,2	252,5	169,9	130,9	553,4089

Таблица 3.4.3 Внутригодовое распределение стока р. Луга – п.Толмачево в периоды до 1980 и после 1980 10%-ой обеспеченности.

до 1980												сезонный			год
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	л-осень	зима	
32,64	12,99	4,51	2,76	4,45	7,33	4,99	9,13	8,50	5,42	3,33	3,94	50,14	28,67	21,19	100
237,75	94,59	32,87	20,13	32,40	53,36	36,35	66,52	61,89	39,51	24,23	28,71	365,20	208,78	154,34	728,32

после 1980												сезонный			год
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	л-осень	зима	
28,03	12,97	4,44	5,39	3,09	3,44	5,18	6,30	4,02	3,00	8,73	15,39	45,44	23,41	31,15	100
239,41	110,76	37,88	46,00	26,43	29,39	44,20	53,83	34,31	25,64	74,56	131,43	388,08	199,90	266,00	853,98

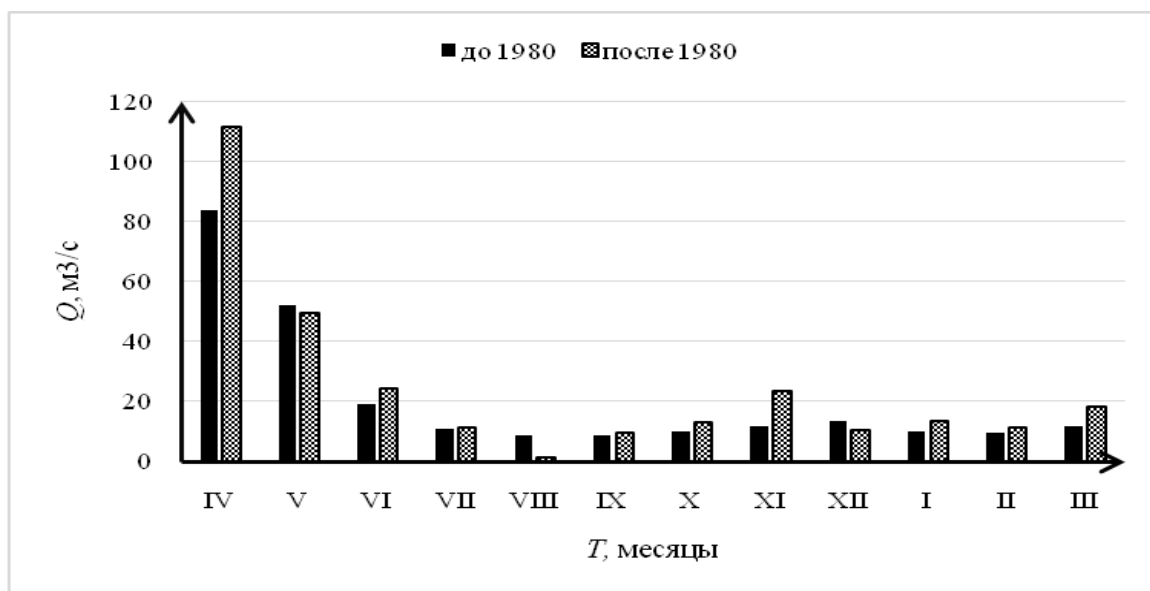


Рисунок 3.4.1 – Расчетный гидрограф стока реки Луга в пункте Толмачево 90%-ой обеспеченности.

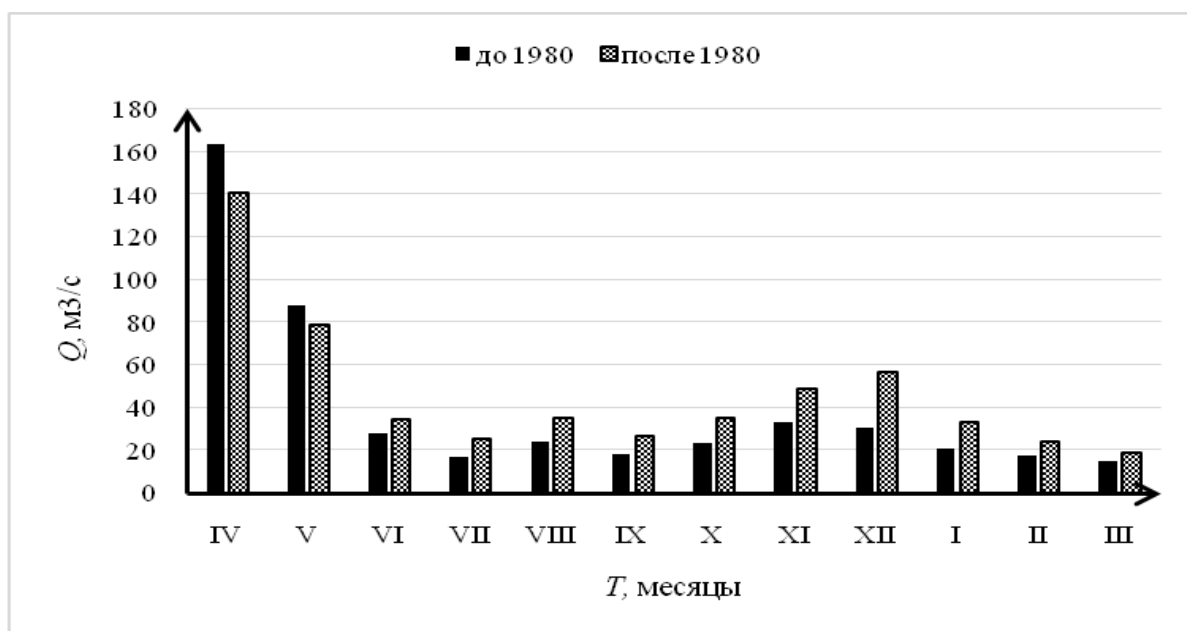


Рисунок 3.4.2 – Расчетный гидрограф стока реки Луга в пункте Толмачево 50%-ой обеспеченности.

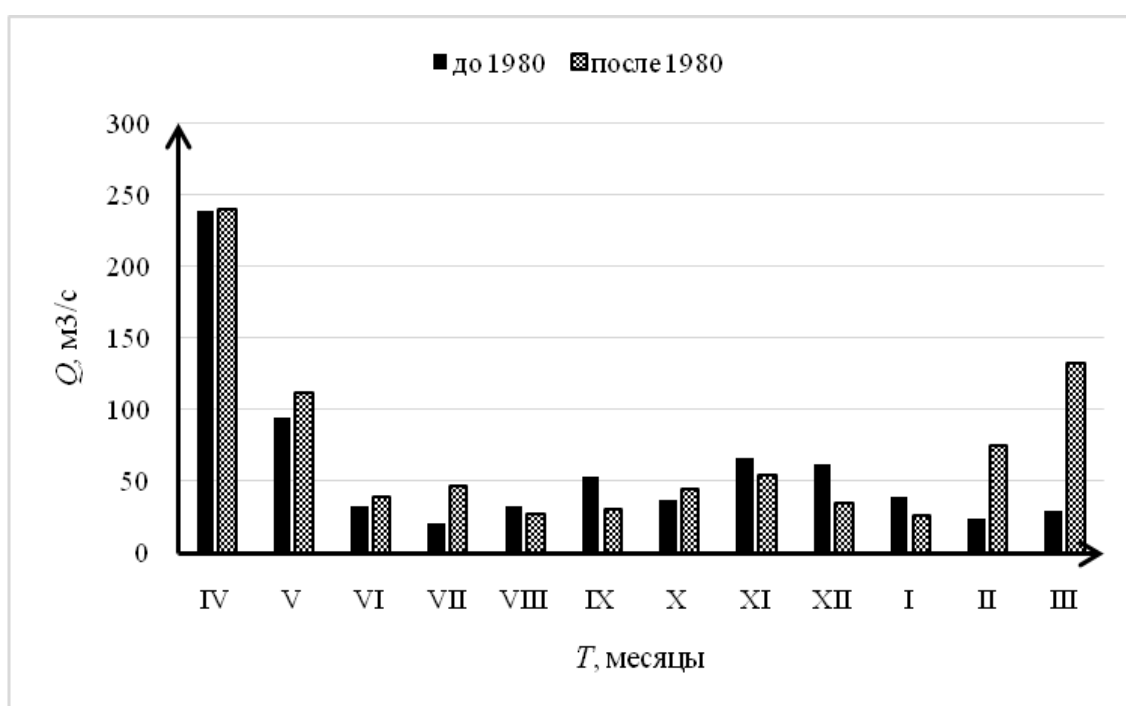


Рисунок 3.4.3 – Расчетный гидрограф стока реки Луга в пункте Толмачево 10%-ой обеспеченности

Анализ данных

При анализе внутригодового распределения стока методом распределения стока по аналогии с распределением реального года и компоновки сезонов года мы использовали два временных периода (с начала наблюдений по 1980 год и 1980 – 2014 гг.) ряда гидрологических наблюдений на постах реки Луга.

Использование для анализа внутригодового распределения стока метода расчёта по реальному году, т.е. определение внутригодового распределения стока путём выбора расчётного года из имеющегося числа лет наблюдений позволило нам исключить нетипичные особенности режима стока отдельных лет и получить более устойчивые характеристики распределения стока, мало изменяющиеся с добавлением новых лет наблюдений.

Как видно на рисунках, в выделенный период (1979 – 2010 гг.) в маловодные годы происходит значительное увеличение стока в весенний период и перераспределение стока летом-осенью. В многоводные годы наблюдается перераспределение стока весной, уменьшение в летне-осенние месяцы.

Заключение

В настоящей работе выполнен анализ внутригодового распределения реки Луга. Привлекались данные по постам Луга(с 1946 по 2014 гг.), Кингисепп (с 1946 по 2014 гг.) и пост Толмачево (с 1946 по 2014)

На основе анализа метеорологических данных сделан вывод об изменении климата после 1980 г., поэтому общий ряд наблюдений был разделен на два периода с начала наблюдений по 1980 гг. и с 1980 по 2014 гг.

Внутригодовые колебания стока реки анализировались по методам распределение стока по аналогии с распределением реального года и компоновки сезонов года.

На основе проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что маловодные годы и в многоводные годы сток внутри года распределен неравномерно. В маловодные годы происходит значительное увеличение стока в весенний период и перераспределение стока летом-осенью. В многоводные годы наблюдается перераспределение стока весной, уменьшение в летне-осенние месяцы.

Список использованных источников

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.: Гидрометеиздат, 1992.
3. Владимиров А. М. Гидрорасчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990.
4. Давыдов Л. К., Дмитриева А. А., Конкина Н. Г. Общая гидрология. – Л.: Гидрометеиздат, 1973.
5. Андреянов В.Г. Внутригодовое распределение речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 327 с.
6. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2007. – 278 с.
7. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши.
8. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2006 г. Москва, 2007
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 3. Северо-Запад Ч. 1 / под ред. И.М. Жила, Н.М. Алюшинской. – Л.: Гидрометеиздат, 1972.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Части 1-6. Вып.8. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992

И.о.заведующему кафедрой
гидрологии суши
(наименование кафедры)

Сикану А.В.

(ФИО заведующего)

от студента гр. № _____

Направление
(специальность)

подготовки
020601.65

Гидрология

Андреев А.А.

(ФИО студента)

ЗАЯВЛЕНИЕ-УВЕДОМЛЕНИЕ

Прошу Вас утвердить (или изменить) тему выпускной квалификационной работы
Внутреннее распределение стока реки Луна в
условиях современного климата
и назначить научным руководителем докт. Висоцкого И.О.

Я, ознакомлен(-а) с действующим положением «О выпускной квалификационной работе».

Уведомляю о согласии проведения проверки текста данной выпускной квалификационной работы в системе «Антиплагиат».

Даю согласие на размещение текста своей ВКР и приложений к ней в ЭБС ГидроМетеоОнлайн.

«26» февраля 2016 года.

Иванова / Гусева
(подпись / расшифровка)