



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 **Влияние изменения климата на
внутригодовое распределение стока
рек Северо-Запада РФ**

Исполнитель Ионина Анастасия Эдуардовна

Руководитель кандидат географических наук, доцент

Наталья Геннадьевна Малышева

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

канд. геогр. наук. Сикан Александр Владимирович

«20» июль 2017 г.

Санкт-Петербург
2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
1 Физико – географическое характеристика района.....	5
1.1 Рельеф.....	5
1.2 Геологическое строение.....	7
1.3 Почвенный покров.....	10
1.4 Растительность.....	12
2 Климатическая характеристика	14
2.1 Общие сведения об основных метеорологических характеристиках.....	14
2.2 Анализ изменений температуры воздуха и осадков за период наблюдений, включающий последние годы.....	17
3 Общие сведения о гидрографической сети.....	29
3.1 Реки.....	29
3.2 Озера.....	32
3.3 Подземные воды.....	34
4 Особенности внутригодового распределения стока рек СЗ РФ.....	37
4.1 Расчеты внутригодового распределения стока при наличии данных наблюдений.....	37
4.2 Районирование территории по типам внутригодового распределения стока средних и малых рек.....	38
4.3 Влияние физико – географических факторов на внутригодовой режим стока.....	41
5 Расчет внутригодового распределения стока с использованием данных последних лет наблюдений.....	43
5.1 Оценка временных трендов рядов стока за водохозяйственный год, не лимитирующий период, лимитирующий и не лимитирующий сезоны.....	44
5.2 Расчет внутригодового распределения стока методом среднего распределения за годы характерной градации водности	56
Заключение.....	77
Список использованной литературы.....	78
Приложения.....	79
Приложение А – Эмпирические и аналитические кривые Крицкого – Менкеля.....	80
Приложение Б – Расчетные таблицы.....	95

ВВЕДЕНИЕ

Климатические изменения, на северо-западе территории России, выраженные прежде всего в изменении температурного режима, привели как к изменению количественных характеристик речного стока, так и к его внутригодовому перераспределению.

Целью выпускной квалификационной работы является количественная оценка изменения внутригодового распределения стока на реках СЗ России.

Исходными данными послужили среднемесячные расходы воды на восьми реках, расположенных в северной, восточной, южной и западной частях исследуемой территории с наиболее длинными рядами наблюдений, включающие 2014 год, а также данные наблюдений за температурой воздуха и осадками на четырех метеостанциях.

При подготовке работы решались следующие задачи:

- 1) Сбор и обработка исходной информации
- 2) Анализ трендов в рядах климатических характеристик и расходов воды за водохозяйственный год, периоды и сезоны
- 3) Расчет внутригодового распределения стока за разные временные интервалы
- 4) Анализ изменения внутригодового распределения стока по группам лет характерной градации водности

Расчет внутригодового распределения проводился методом среднего распределения стока для групп характерной градации водности. Были выделены три группы: маловодная, средней водности и многоводная.

Анализ результатов расчетов позволил сделать выводы об изменении внутригодового распределения стока по территории СЗ РФ, наиболее выраженного в её восточной части в бассейнах рек Оять и Паша, обусловленного прежде всего увеличением температуры воздуха в холодный период года и, как следствие, увеличением стока в зимний межженный период.

1 Физико – географическая характеристика района

1.1 Рельеф

По характеру рельефа территория Северо – Запада разделяется на две части: 1) северо – западную низменную; 2) восточную, юго – восточную и южную – возвышенную.

Северо – западная часть расположена в основном в пределах Прибалтийской низменности, уходящей на западе на территорию европейских стран, а на севере и северо-востоке – в Карелию.

Прибалтийская низменность – слабоволнистая равнина с распределением рядов возвышенностей и понижений. Абсолютные отметки, которых в среднем 50 – 100 м, а наиболее значительные возвышенности – 200 – 300 м. К ним относятся: возвышенность в центральной части Карельского перешейка, Силурийское плато в центральной части Ленинградской области, Лужская, Судомская и Бежанирцкая возвышенности.

Центральная Карельская возвышенность является возвышенной моренной равниной, сильно расчлененной речной сетью. По южной окраине территории располагаются камовые холмы (Лемболовское, Токсовские высоты и др.).

Силурийское плато представляет плоскую возвышенную равнину, которая вытянута в широтном направлении от р. Нарва до р. Сяси. Западная часть – это Ижорское плато, которое представлено известняками и доломитами, образующие карст. Вдоль северной части Силурийского плато образовался крутой уступ – глинт, отделяющий его от Предглинтовой низменности. В западной части глинт обрывистый, высотой до 30 – 50 м, а в восточной – глинт снижается до 15 м.

Возвышенности – Лужская, Судомская и Бежаницкая – это меридиональный пояс ледниковых отложений, которые соответствуют разным стадиям валдайского оледенения. Возвышенности сложены чередованием конечноморенных холмов, гряд и камовых холмов, высота которых достигает до 100 – 125 м.

Понижения рельефа выражены в виде низменностей, абсолютные отметки которых от 0 до 50 м. Расположены в северной, центральной и западной частях территории. В северной части Карельского перешейка – это Вуоксинская низина, протянутая с севера на юг. Также Предглинтовая низменность, в которую входят впадины Финского залива, Ладожского и Онежского озер. Приильменная (или Волхово – Ловатская) низина с котловиной, занятой озером Ильмень. И Чудско – Псковская низина с впадиной Чудского и Псковского озер.

Прибалтийская низменность изрезана густой сетью рек, которая идет в различных направлениях. Долины рек врезаны неглубоко и только при переходе склонов водораздельных возвышенностей они имеют глубину от 20 – 50 м. В низинах и на плоских междуречных пространствах характерно развитие болот.

Возвышенная часть территории Северо – Запада простирается с востока на юг в границах Валдайской возвышенности, которая широкой дугой окаймляет Прибалтийскую низменность и тянется от восточного побережья Онежского озера до г. Великие Луки, переходя на территории европейских стран. Валдайская возвышенность является зоной валдайского ледника, относящаяся к Карбоновому плато, которая сложена известняками каменноугольного возраста, а южнее г. Валдай состоит из многочисленных холмов и гряд округлой формы, которые разделены долинами с озерами. Относительная высота холмов и гряд от 20 до 50 м. Абсолютные максимальные отметки поверхности 20 м, а в среднем - 150 – 200 м. От Прибалтийской низменности Валдайская возвышенность от-

делена Карбоновым уступом, представленный выположенным склоном шириной 5 – 30 км и высотой 70 – 100 м. Уступ прорезанный современными глубокими долинами рек, которые интенсивно дренируют водоносные горизонты каменноугольных и конечноморенных отложений.

1.2 Геологическое строение

Территория Северо – Запада расположена в пределах Русской платформы, сложенная комплексом осадочных дочетвертичных отложений, которые залегают под четвертичными на архейском или протерозойском кристаллическом основании. Только северная часть территории – север Карельского перешейка – относится к Балтийскому щиту, которая сложена древнейшими кристаллическими породами архейско – протерозойского комплекса.

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

На крайнем северо – западе области, на склоне Балтийского щита, под четвертичными отложениями залегают рыхлые песчано – глинистые породы нижнего кембрия общей мощностью 200 – 500 м.

На юге территории в широтном направлении располагается полоса ордовикских отложений, образуя Ордовикское (Силурийское) плато, крупным уступом (Балтийско – Ладожский глинт) обрывается в сторону Предглинтовой низменности. Ордовикские отложения представлены песчаниками, известняками и доломитами, мощность которых 100 – 150 м. Для территории характерно трещиноватость пород и образование карста. В основании глинта Силурийского плато и по долинам протекающих рек выходят кембрийские песчаники и синие глины.

В Северо – Западной области к югу и востоку от Ордовикского плато находится область развития рыхлых девонских отложений, которые составляют 60% всей области. Они представлены средним отделом, мощность которых 50 – 150 м, и верхним отделом, мощность отложений которых до 300 м.

Область развития девонских отложений с востока и юго – востока, которое сменяется вытянутой полосой пород каменноугольного возраста – это Карбоновое плато. Каменноугольные отложения представлены: нижним карбоном, сложенный известняково – глинистой и известняково – доломитовой толщей мощностью 60 – 95 м; и средним карбоном, который сложен известняками и доломитами, мощность которых неравномерная и изменяется в пределах 12 – 80 м.

Четвертичные отложения, мощность которых варьируется от 0,5 – 200 м, перекрывают палеозойские осадочные породы. Эти отложения представлены комплексом ледниковых и послеледниковых образований. Самыми древними из них является московская морена, выше залегает комплекс ледниковых песчаных флювиогляциальных и озерно - ледниковых песчано – глинистых отложений. Разрез четвертичной толщи заканчивается послеледниковыми и современными отложениями, представленными образованиями: озерные, морские песчано – глинистые отложения, аллювиальные наносы, торфяники, эоловые (дюнные) пески.

На участках Силурийского плато наблюдается минимальная мощность четвертичных отложений от 0,5 до 5 м, а в Приильменской и Предглинтовой низменностях от 10 до 20 м. В пределах Судомской возвышенности наибольшая мощность их достигает 160 – 200 м, а в пределах Центральной Карельской – 100 – 180 м. В зоне краевых образований последнего оледенения мощность 60 – 120 м, принадлежащая к выступу поверхности дочетвертичных пород – Карбонному плато и его склону.

Эта зона препятствовала продвижению ледника и способствовала аккумуляции ледниковых и водно – ледниковых осадков.

Карст. На данной территории карстовыми процессами затронуты растворимые отложения от нижнего ордовика до среднего карбона. Эти процессы происходят в двух районах: на Силурийском и Карбоновом плато. В состав закарстованных пород входят соленоско - карбоновые породы, доломиты, известняки, мергели и гипсы. Хорошими аккумуляторами подземных вод являются карстовые массивы. Для областей распространения карста характерно большое изменение стока на небольших площадях, несовпадение поверхностных и подземных водосборов.

Современный карст сильно развит на Ижорском плато, покрытое маломощным пластом морены 1 – 2 м. Плато характеризуется отсутствием современной гидрографической сети, так как карстовые воронки, слепые долины и судохолы поглощают дождевые талые воды, переводя поверхностный сток в подземный, который растекается во все стороны. Формы карста представлены системой трещин, пустот и полостей.

Карстовые формы на Карбоновом плато развиваются так же, но на тех участках, где мощность четвертичных отложений сокращается до нескольких метров, или они представлены водопроницаемыми породами. Часто встречаются карстовые воронки в долинах рек Тихвинки, Увери, Воложбы и вблизи г. Боровичи. Наличие сухих русел связано с карстовыми процессами протяженностью до 4 км в долинах рек Рагуши, Ямницы и др. Озера имеющие непостоянный уровень и иногда исчезающие называются карстовыми.

На территории Псковской области в пределах распространения карбонатно – гипсовых отложений карст имеет некоторое развитие. Южнее, в левобережной части долины реки Великой, встречаются карстовые воронки, отнесенные к участкам неглубокого залегания чудов-

ских известняков. В верховьях р. Великой доломиты псковско – чудских слоев сильно закарстованы.

1.3 Почвенный покров

На территории Северо – Запада подзолообразование и заболачивание являются основными процессами почвообразования. Это обусловлено положением территории в зоне с холодным, южным климатом и с преобладанием лесной растительности. По характеру почвообразования территория делится на северную и южную зоны.

Неоднородные ледниковые наносы грубые по механическому составу являются почвообразующей породой в северной части территории. А в южной части моренные отложения различны по составу – от песков до глин.

Вблизи Ладожского и Онежского озер расположены низины, сложенные отложениями различного механического состава; с признаками заболачивания и почти не содержащие валунов.

От Ладожского и Онежского озер, на территории расположенной к югу, широко распространены слабо- и среднедерновоподзолистые почвы, подзолистые и болотные.

В Приладожье и районах Приволховской низины встречаются подзолисто – глеевые и торфяно – глеевые почвы.

В бассейне реки Луга преобладают дерново – подзолистые и дерново – карбонатные почвы. А в центральной части бассейна и низовье распространены заболоченные почвы.

Северная часть Псковской области характеризуется сочетанием подзолистых и заболоченных почв. Для южной части области типично большая связность почв и меньшая их оподзоленность. Подзолистые

почвы в Псковской области имеют буроватую или желтоватую окраску. В них развит гумусовый дерновый горизонт, так как они влагоемки, такие почвы называются дерново – буро – подзолистые. По побережью Псковского озера образовались осоковые и тростниково – вамышовые болота низинного типа, благодаря подтоплению водами озера и близкого расположения уровня грунтовых вод.

Распространение дерново – подзолистых и разнообразных подзолистых почв преобладает в Новгородской области. В юго – западной части Приильменской низины простираются дерново – карбонатные почвы. Эти почвы развиты перегнойным горизонтом, отсутствует подзолистый горизонт. На восточном побережье озера Ильмень преобладают аллювиально – луговые почвы.

К северу от оз. Ильмень находится Волховско – Ильменская низменность, которая сложена ленточными глинами. Широкое распространение имеют подзолисто – глеевые и торфяно – глеевые почвы.

В Предвалдайской полосе распространены супесчаные и песчаные отложения, а также выщелоченные валунные суглинки. На этих отложениях формируются подзолистые и болотные почвы.

Ландшафт конечных морен типичен для Валдайской гряды, которая сложена валунными суглинками, а ложбины и впадины, заняты озерами, заболоченными почвами и болотами. Поэтому преобладают дерновые, дерново – оподзолистые почвы, а на вершинах холмов встречаются смытые почвы или слаборазвитые. В юго – восточной части Валдайской возвышенности присутствуют карбонатные отложения. В южной части возвышенности содержатся суглинистые и грубопесчаные отложения.

Данная территория расположена в зоне достаточного и избыточного увлажнения, поэтому влагозапасы в почво – грунтах находятся в зависимости от глубины залегания грунтовых вод.

За теплый период влагонасыщенность почв сначала уменьшается, а потом в июле – августе падает до минимума. Вслед за тем начинается повышение влажности почвы из-за увеличения количества осадков и одновременно убывание потери влаги на испарение и транспирацию.

В зимнее время от промерзания почвы зависят влагозапасы в почве. При ледообразовании влагонасыщенность почвы резко возрастает за счет капиллярного подсосывания и парообразной воды, поднимающаяся из теплых нижних слоев почвы к верхним холодным, где вода конденсируется и замерзает.

Глубина промерзания почвы зависит: от интенсивности нарастания отрицательных температур воздуха, наличие снежного и растительного покрова, от рельефа местности, механического состава почвы и ее увлажнение.

Промерзание почвы на открытых участках в среднем начинается в октябре – ноябре и, постепенно нарастая, достигает максимума в марте на территории Северо – Запада. Средняя глубина промерзания колеблется в пределах 30 – 60 см.

Оттаивание почвы происходит сверху и идет сначала медленно (до схода снежного покрова), а затем быстро под влияние солнечных лучей. Полное оттаивание почвы обычно наблюдается в конце апреля на территории Северо – Запада.

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.

Большую часть территории покрывают темнохвойные (еловые) леса. Они принадлежат к водоразделам с почвами супесчаными и суглинистыми. Основная группа – это ельники – зеленомошники. В северной части эта группа является типом черничного ельника с моховым покровом. На территории распространены заболоченные еловые леса (сфаговые ельники). На заболоченных почвах встречаются травянистые ельники с высоким травяным покровом. А на плохо дренированных оподзоленных почвах развиты ельники – долгомошники.

На песчаных и супесчаных почвах характерны сосновые леса. На песках развиты лишайниковые боры – беломошники с травянистым покровом, а также с преобладанием брусники и вереска. В лесах преобладает смешанный елово – соснового лес с примесью березы.

Лес занимает половину площади Северо – Запада, так как под влияние пожаров и вырубок распространились березовые и осиновые леса, сероольховые заросли.

Северные и северо – восточные районы залесены на 70 – 80% сосновыми лесами. В бассейне р. Ояти и в верховьях р. Сяси леса занимают до 85% площади. В освоенных западных и южных регионах лесистость отмечается наименьшая.

Болота и заболоченные земли занимают около 30% территории. Приильменская низина выделяется сильной заболоченностью. Болот много в долине р. Невы, у Ладожского озера. Болота, в основном, верховые (сфаговые), частично низинного и переходного характера.

2 Климатическая характеристика

2.1 Общие сведения об основных метеорологических характеристиках

Температура воздуха. На территории Северо – Запада средняя годовая температура воздуха в северо – восточной части колеблется от 2° до 4,5° в южной части.

На данной территории самыми холодными месяцами в году являются январь и февраль. На западе Северо – Запада средняя месячная температура около -7°, а на северо – востоке ниже -11°. На южном побережье Финского залива самым холодным месяцем в году является февраль, температура которого ниже на 1° чем январская температура. На территориях Ленинградской, Новгородской и Псковской областей абсолютный минимум температуры воздуха достигает -50°, -52°. Особенно значительные понижения температуры, ниже -50° отмечались в долинах рек Паши (Шугоозеро -55°) и Ояти (Мининская -55°). На остальной территории Северо – Запада абсолютный минимум составляет -40°, -48°. На побережьях Финского залива, Псковского и Чудского озер температура ниже -36°, -40°.

За начало весны принимается устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через нуль. В Псковской и Новгородской областях весна начинается в конце марта – начале апреля, а в Ленинградской – в конце первой декады апреля. Весна характеризуется частыми возвратами холодов, а иногда и кратковременными установлениями снежного покрова.

Лето наступает в южной части Псковской и Новгородской областей в первой декаде мая, на остальной части Северо – Запада – в середине мая, а на северных районах – в конце мая. Переход средней суточной температуры воздуха через 10° принимается за начало лета. В летнем сезоне

выделяется период средних суточных температур воздуха выше 15°. В Псковской и Новгородской областях этот период начинается во второй декаде июня, а заканчивается во второй декаде августа. В Ленинградской области период длится с третьей декады июня по первую декаду августа.

В восточных районах Ленинградской и Новгородской областей осень наступает в начале второй декады сентября. А через 7 – 10 дней осень наступает на остальной территории.

В восточной части Ленинградской области зима начинается в конце октября. В южной части Псковской и Новгородской областей, а также в западной части Псковской и Ленинградской областей зима наступает во второй декаде ноября. Для предзимья, т.е. первой половине зимы, характерна ненастная погода и выпадение дождя и мокрого снега. Средняя суточная температура воздуха с половины декабря переходит через -5°. Этот период на большей части территории длится до середины марта, а в северо – восточной части Ленинградской области, а также в долинах рек Свири и Ояти данный период наблюдается ниже -10°.

Осадки. Территория Северо – Запада относится к зоне избыточного увлажнения, выражено это небольшим приходом тепла и развитой циклонической деятельностью, проявляющаяся во все сезоны года.

На распределение осадков большое влияние оказывают возвышенности, так как на наветренных возвышенностях осадки увеличиваются, а на подветренных склонах и в понижениях за возвышенностями – уменьшаются. Также снижение осадков происходит вблизи крупных водоемов.

В среднем в год на рассматриваемой территории выпадает 550 – 750 мм осадков. Годовое количество осадков возрастает в направлении с юга – запада на северо – восток. Годовая сумма осадков не превышает 600 – 650 мм в районах примыкающие к Ладожскому и Онежскому озерам. Также на территории прилегающей к югу от Псковского озера и у озера Ильмень отмечается уменьшение осадков, за год выпадает менее 700 мм.

На наветренных склонах Валдайской возвышенности отмечается максимум годовых осадков 800 – 900 мм.

Распределение осадков по территории в теплый и холодный периоды имеет много общего с годовым. Так количество осадков за теплый период (апрель – октябрь) достигает до 550 мм.

В западных и восточных частях территории на возвышенностях в теплый период наблюдается повышение осадков, а в центральной части – понижение. Помимо того, на низменностях в районах Финского залива и Ладожского озера отмечается понижение осадков. На теплый период здесь приходится 55 – 60% годового количества осадков.

За холодный период (ноябрь – март) осадки составляют 40 – 45% годового количества осадков. На Северо – Западе за холодный период выпадает 150 – 200 мм осадков.

На большей части территории максимум количества осадков выпадает до 90 мм, приходящиеся на период июль – август. Также величина суточных максимумов достигают в летние месяцы.

Снежный покров. Устойчивый снежный покров устанавливается в восточной части Северо – Запада в конце ноября.

В начале зимы высота снежного покрова достигает менее 10 см. Максимальной высоты снежный покров достигает в третьей декаде февраля – второй декаде марта. В восточной части Ленинградской и Новгородской областях средняя из максимальных высот на полевых участках снежный покров достигает до 55 см. А в западной и южной частях Псковской области и на юге Новгородской области снежный покров нарастает до 30 см. На территории Северо - Запада на лесных полянах и в лесу средняя высота из наибольших колеблется от 60 до 40 см.

Максимальные значения снеготаяния достигают к моменту снеготаяния. На юго – западе и в бассейнах рек Ловати, Полисти и Шелона на полевых участках запас воды в снеге уменьшается. А увеличение запаса

воды в снеге наблюдается в лесистой и пересеченной местности. Однако величина запаса воды в снеге в лесу зависит от характера леса, породы деревьев, сомкнутости крон и т.п.

Продолжительность устойчивого снежного покрова на Северо – Западе в юго – западной части колеблется от 100 – 110 дней, а в северо – восточной – до 150 дней.

Разрушение снежного покрова в юго – западной части происходит в конце марта, а в северо – восточной – во второй декаде апреля.

2.2 Анализ изменений температуры воздуха и осадков за период наблюдений, включающий последние годы

В данной работе рассматриваются температуры воздуха и осадки по метеостанциям Петрозаводск, Тихвин, Кингисепп и Валдай за период наблюдений по 2010-2014.

На рисунке 2.1 представлена схема расположения метеостанций и гидрологических постов.

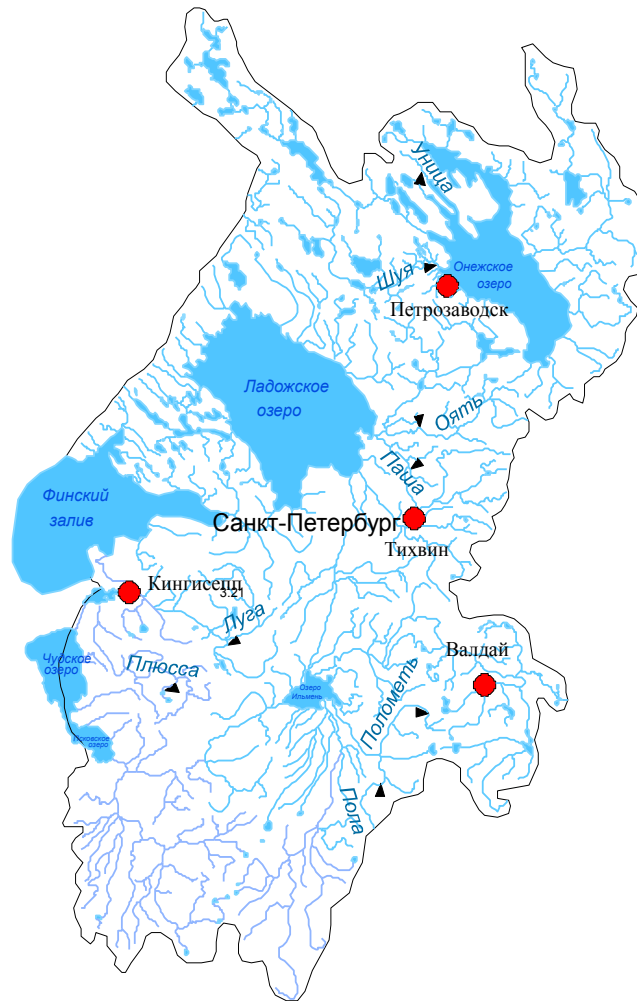


Рисунок 2.1 – Схема расположения метеостанций и гидрологических постов

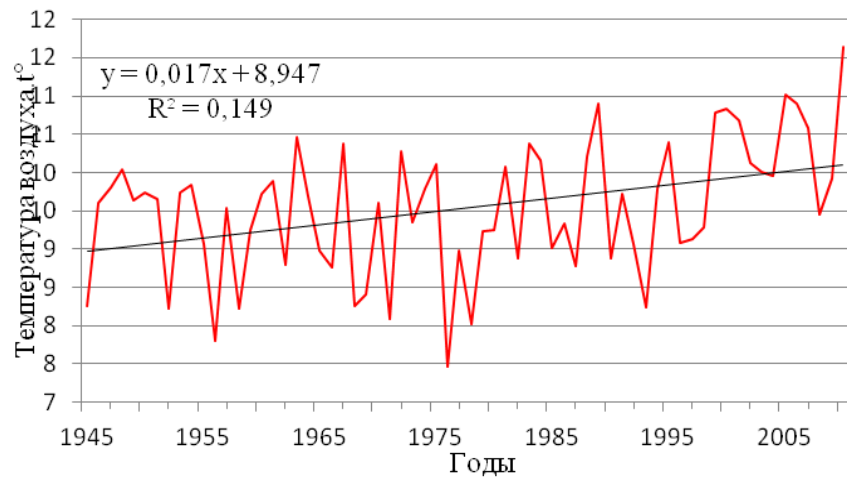
По данным метеостанций, расположенных в северной (Петрозаводск), восточной (Тихвин), южной (Валдай) и западной (Кингисепп) частях исследуемой территории исследовались ряды температуры воздуха и осадков, включающие последние годы наблюдений по 2014 год. Изменение температуры и осадков анализировалось за год, а также отдельно за холодный и теплый периоды года.

На рисунках 2.2 – 2.8 представлены хронологические графики хода средней температуры воздуха и суммарных осадков по данным метео-

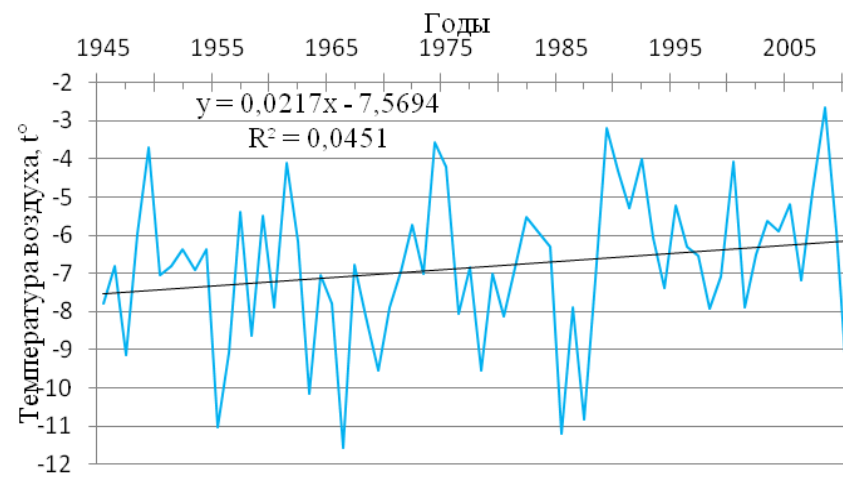
станций Петрозаводск, Тихвин, Валдай и Кингисепп за весь период наблюдений.

Анализ хронологических графиков температуры воздуха показал, что по данным всех четырех метеостанций в рядах температуры воздуха наблюдаются положительные тренды, как за год, так и за холодный и теплый периоды года.

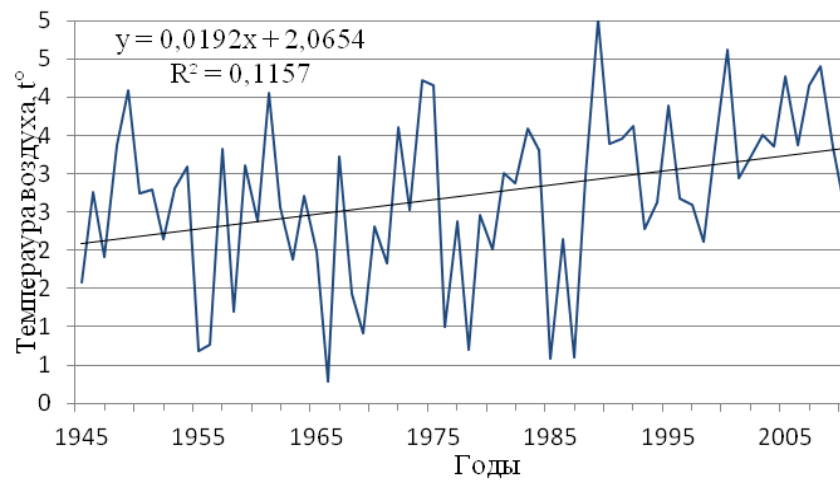
В рядах суммарных осадков тренды наблюдаются по данным м/с Тихвин, Петрозаводск и Кингисепп. Данные об осадках по м/с Валдай в работе не рассматривались.



а)

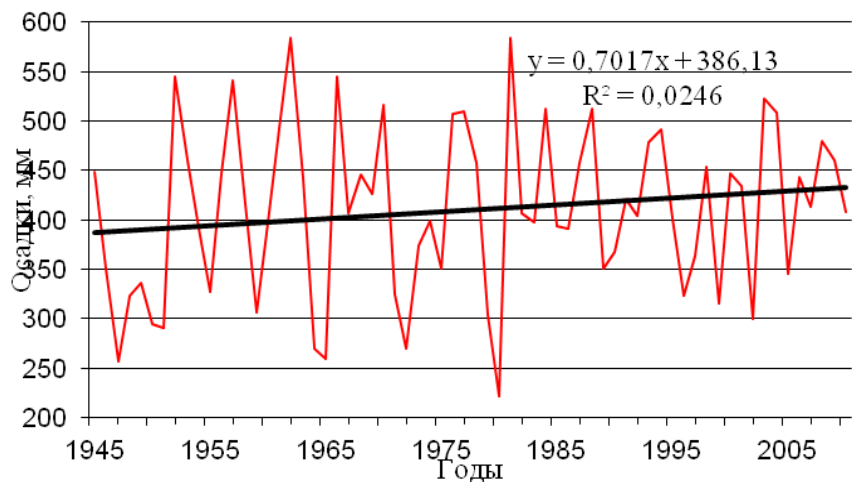


б)

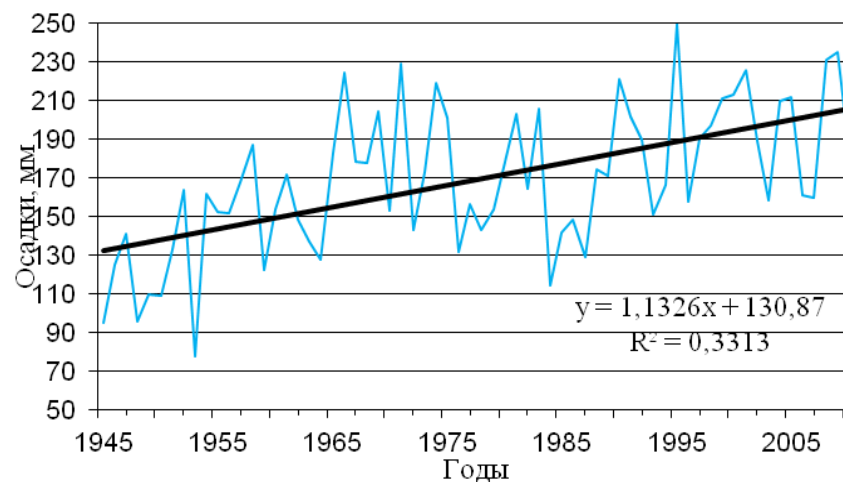


в)

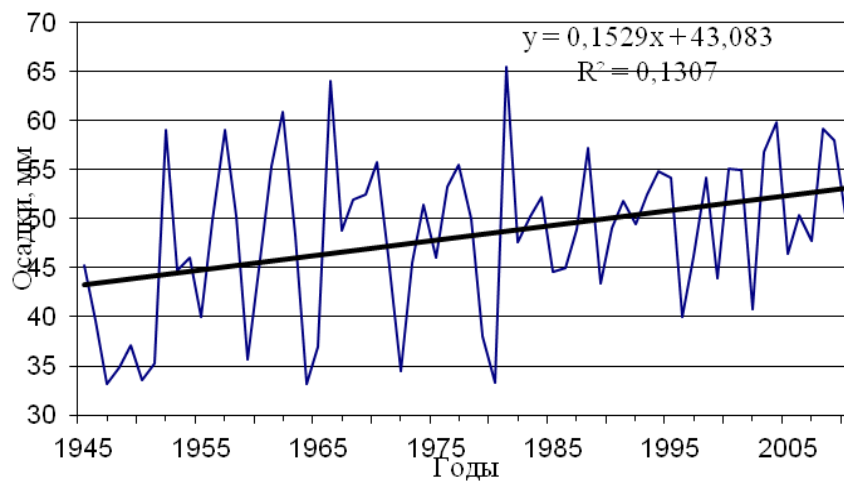
Рисунок 2.2 – Средние температуры воздуха за а) теплый период года (IV – X); б) холодный период года (XI – III); в) год по м/с
Петрозаводск



а)



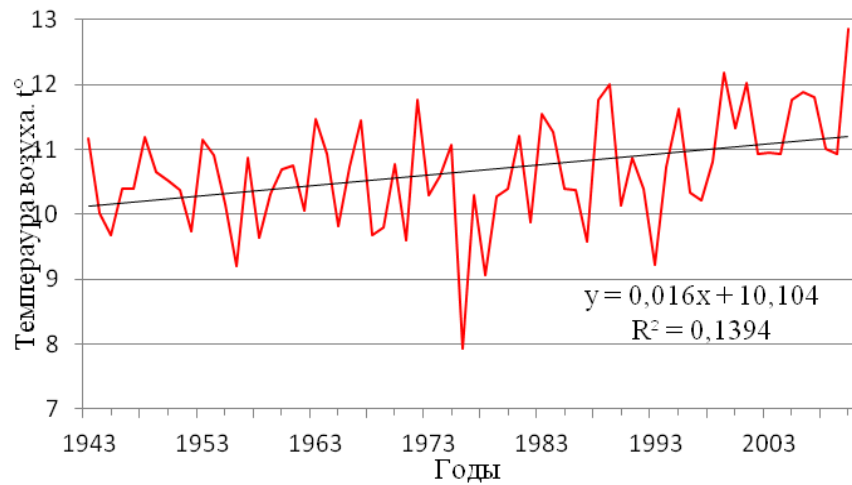
б)



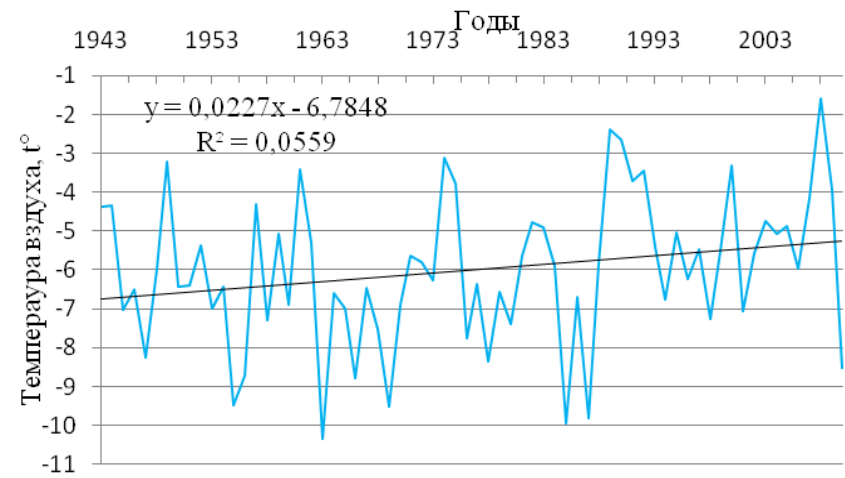
в)

Рисунок 2.3 – Суммарные осадки за а) теплый период года (IV – X); б) холодный период года (XI – III); в) водохозяйственный год по м/с

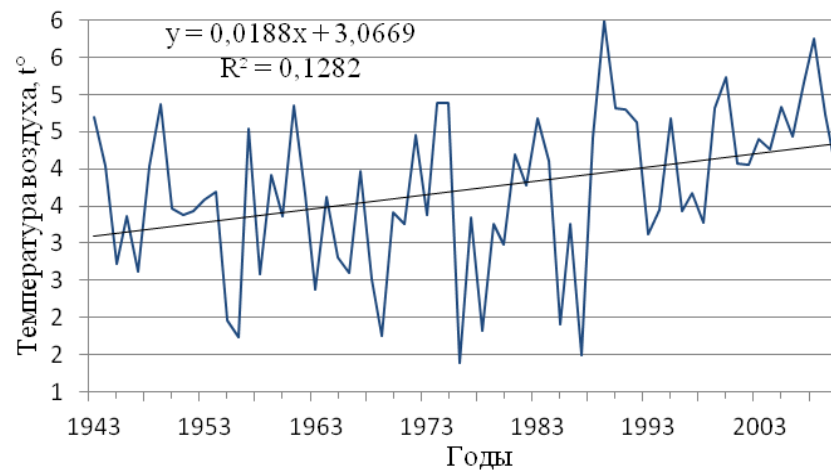
Петрозаводск



а)

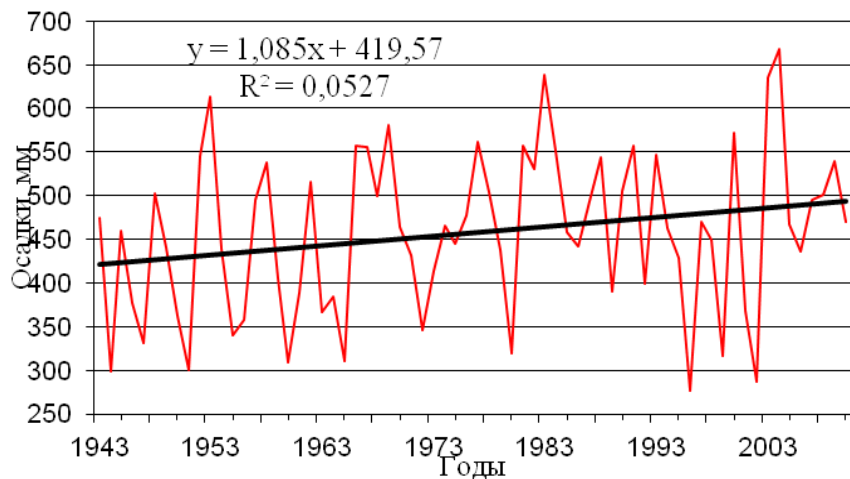


б)

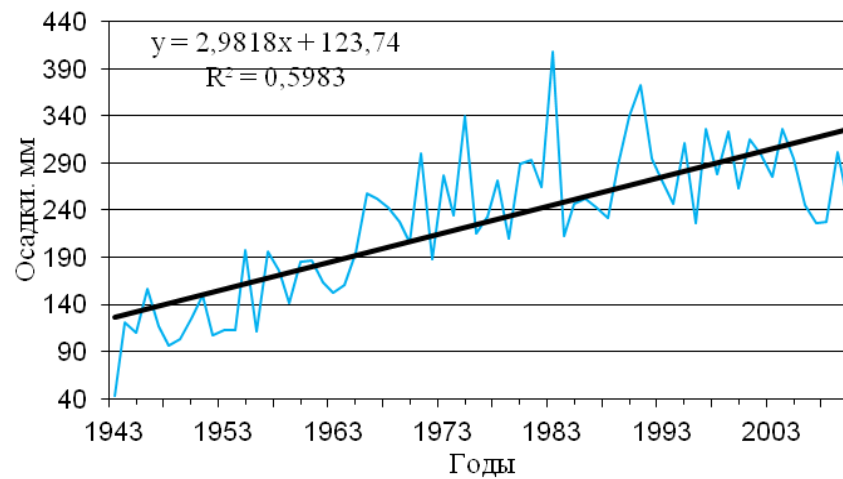


в)

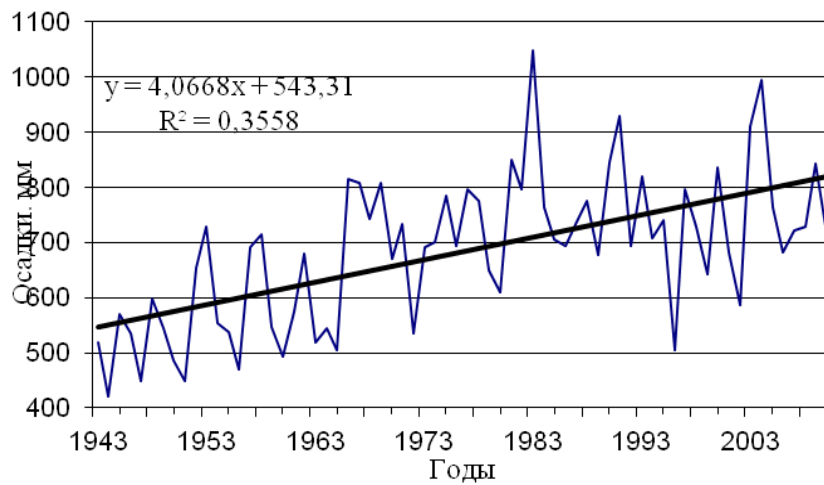
Рисунок 2.4 – Средние температуры воздуха за а) теплый период года (IV – X); б) холодный период года (XI – III); в) водохозяйственный год по м/с Тихвин



а)

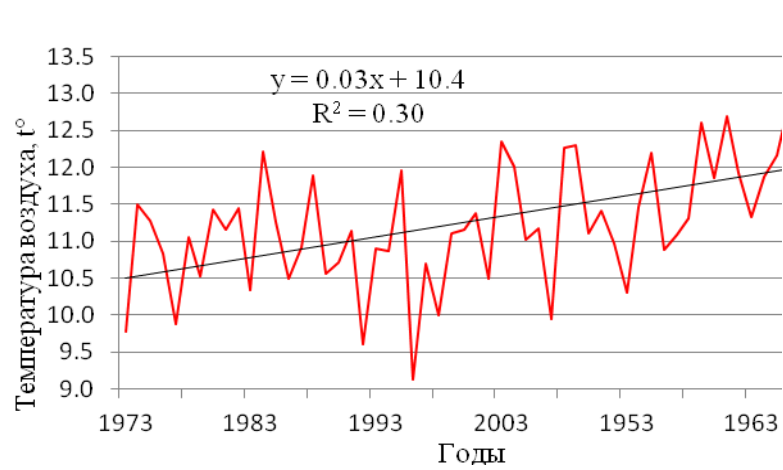


б)

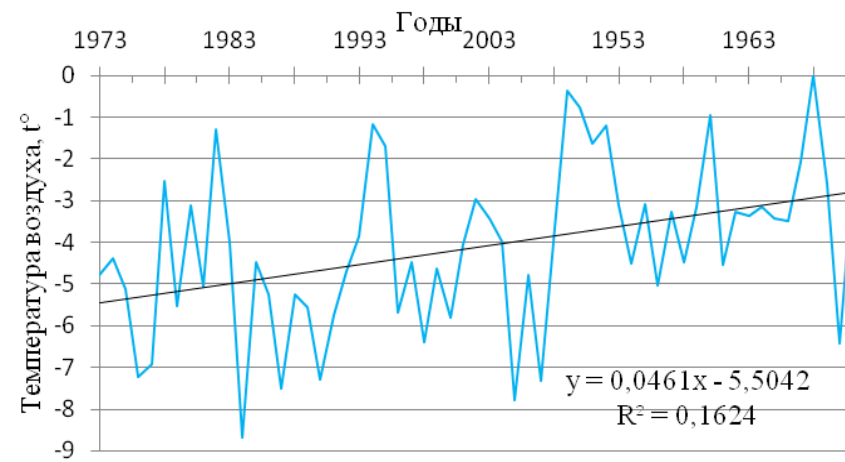


в)

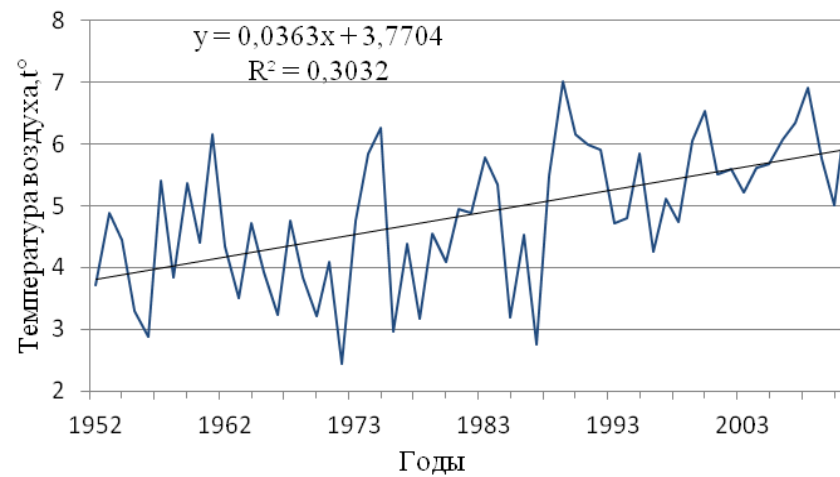
Рисунок 2.5 – Суммарные осадки за а) теплый период года (IV – X); б) холодный период года (XI – III); в) водохозяйственный год по м/с Тихвин



а)

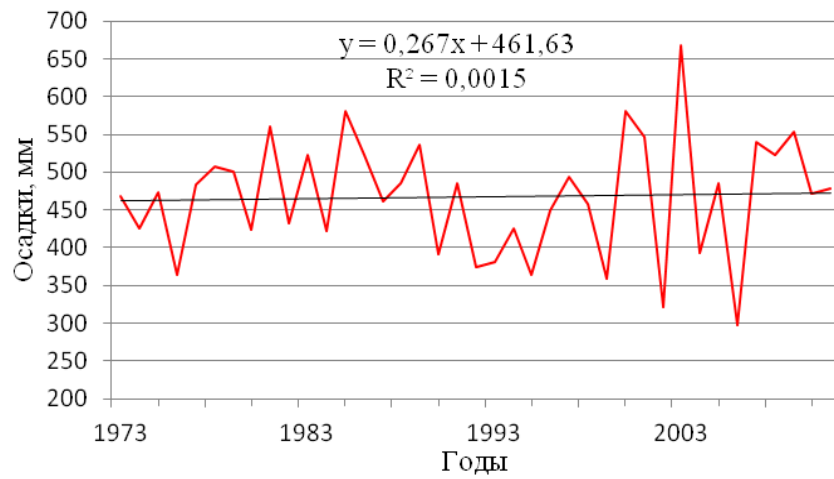


б)

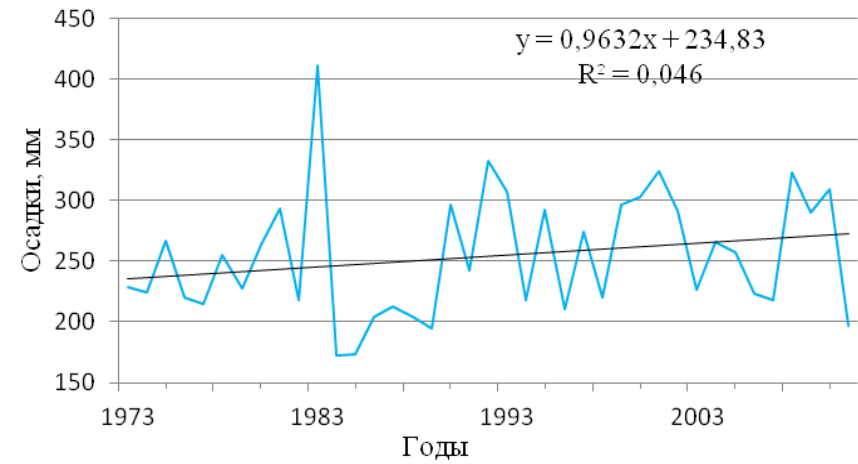


в)

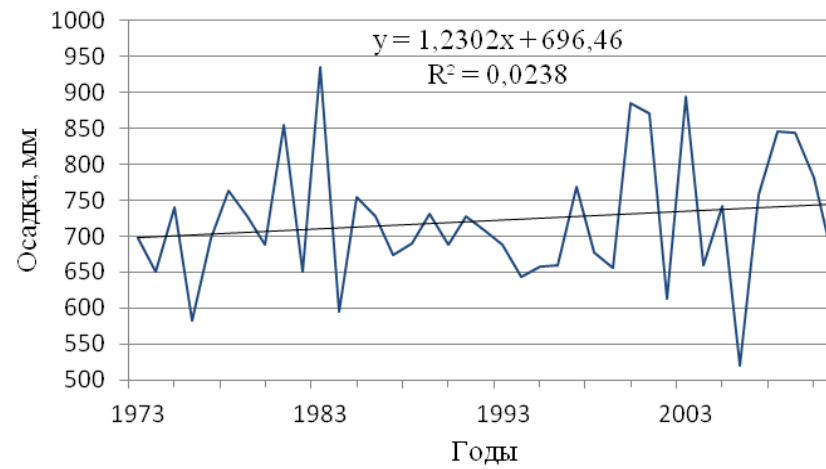
Рисунок 2.6 – Средние температуры воздуха за а) теплый период года (IV – X); б) холодный период года (XI – III); в) водохозяйственный год по м/с Кингисепп



а)

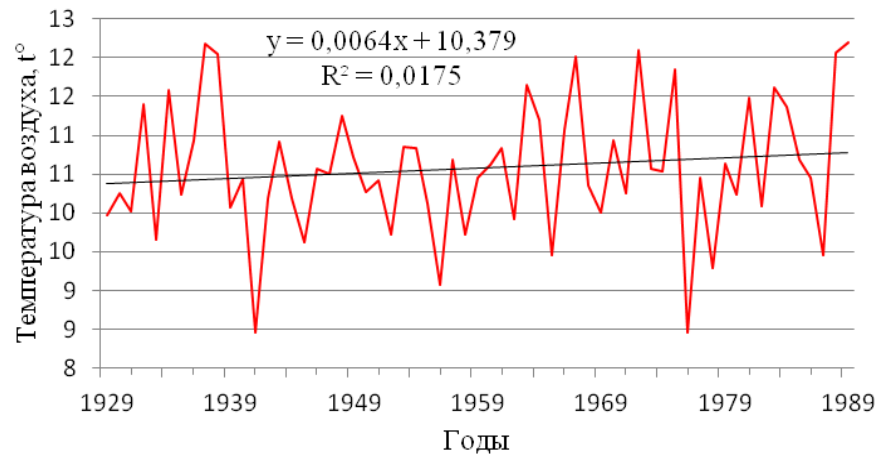


б)

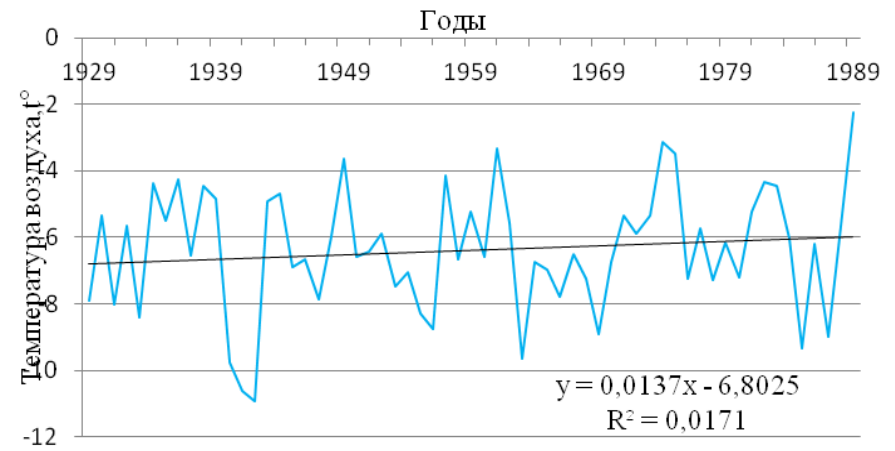


в)

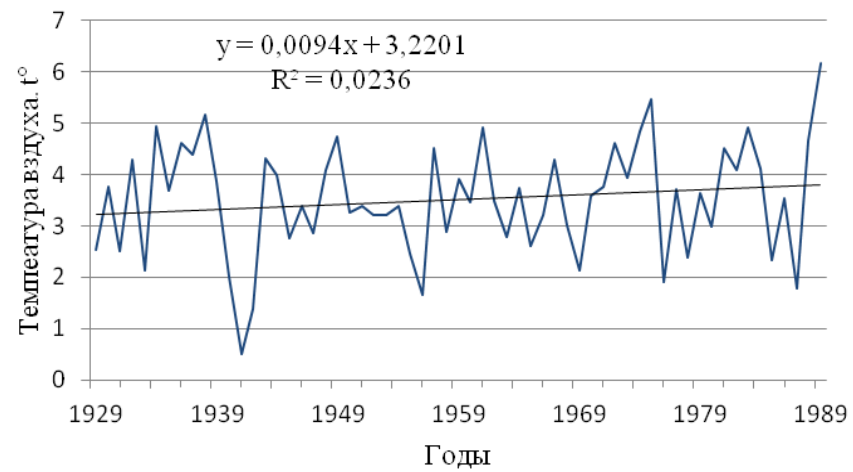
Рисунок 2.7 – Суммарные осадки за а) теплый период года (IV – X); б) холодный период года (XI – III); в) водохозяйственный год по м/с Кингисепп



а)



б)



в)

Рисунок 2.8 – Средние температуры воздуха за а) теплый период года (IV – X); б) холодный период года (XI – III); в) водохозяйственный год по м/с Валдай

Значимость, показанных на рисунках линейных трендов оценивалась по соотношению коэффициента корреляции R и его среднеквадратической погрешности σ_R .

$$\sigma_R = \frac{1 - R^2}{\sqrt{n - 1}}$$

где R - коэффициент корреляции,

n - число членов ряда.

При соотношении $R / \sigma_R \geq 2$ тренд признавался значимым.

Результаты оценки значимости трендов в рядах температуры воздуха представлены в таблицах 2.1-2.2.

Таблица 2.1 – Оценка линейных трендов рядов средней температуры воздуха за теплый и холодный периоды по данным метеостанций региона

Метеостанция	Теплый период (IV – X)			Холодный период (XI - III)		
	R	σ_R	R / σ_R	R	σ_R	R / σ_R
Петрозаводск	0,386	0,106	> 2	0,212	0,118	< 2
Тихвин	0,373	0,105	> 2	0,236	0,115	> 2
Кингисепп	0,548	0,091	> 2	0,403	0,109	> 2
Валдай	0,132	0,127	< 2	0,131	0,127	< 2

Таблица 2.2 – Оценка линейных трендов рядов средней температуры воздуха за год по данным метеостанций региона

Метеостанция	Год		
	R	σ_R	R / σ_R
Петрозаводск	0,34	0,110	> 2
Тихвин	0,358	0,107	> 2
Кингисепп	0,551	0,091	> 2
Валдай	0,154	0,126	< 2

Значимыми оказались тренды по температуре за теплый период по данным метеостанциям Петрозаводск, Тихвин и Кингисепп. За холодный период по температуре значимые тренды получились по метеостанциям Тихвин и Кингисепп. А по температуре за год тренды значимы по метеостанциям Петрозаводск, Тихвин и Кингисепп.

В таблицах 2.3-2.4 приведены результаты анализа значимости трендов в рядах суммарных осадков.

Таблица 2.3 – Оценка линейных трендов рядов суммарных осадков за теплый и холодный периоды по данным метеостанций региона

Метеостанция	Теплый период (IV – X)			Холодный период (XI - III)		
	R	σ_R	R/ σ_R	R	σ_R	R/ σ_R
Петрозаводск	0,157	0,121	< 2	0,576	0,083	> 2
Тихвин	0,23	0,116	> 2	0,773	0,049	> 2
Кингисепп	0,039	0,130	< 2	0,214	0,124	< 2

Таблица 2.4 – Оценка линейных трендов рядов суммарных осадков за год по данным метеостанций региона

Метеостанция	Год		
	R	σ_R	R/ σ_R
Петрозаводск	0,362	0,108	> 2
Тихвин	0,596	0,079	> 2
Кингисепп	0,154	0,127	< 2

Тренд по осадкам за теплый период оказался значимым по данным метеостанции Тихвин. Как видим, по данным метеостанциям Петрозаводск и Тихвин тренды по осадкам за холодный период получились значимыми. Значимыми трендами за год по осадкам выявились по данным метеостанций Петрозаводск и Тихвин.

3 Общие сведения о гидрографической сети

3.1 Реки

Вся территория Северо – Запада, которая принадлежит бассейнам Белого и Балтийского морей, имеет хорошо развитую гидрографическую сеть. Густота гидрографической сети составляет 0,56 км/км². Данная территория находится в избыточно влажном климате.

Для рек Северо – Запада характерно наличие большого количества мелких рек длиной менее 10 км, что от общего числа составляет 97%, а их длина – 70% общей длины. Но реки длиной 50 км и более насчитывается 231.

Большая часть рек Северо – Запада берет начало на главном водоразделе между Балтийским и Каспийским морями, который проходит по Валдайской возвышенности и простирающейся на северо – восток от нее Вепсовской возвышенности. Второй водораздел тянется с юга на север по Вязовской, Бежаницкой и Судомской возвышенностям и далее по повышенным точкам рельефа к западу от р. Волхова, примерно параллельно ему.

Почти все реки на данной территории относятся к равнинному типу. Однако из – за близость основного водораздела к главному базису эрозии рек - это Балтийское море и к отдельным базисам эрозии, которые для рек являются озера, поэтому это особенность придала рекам в верховье и в среднем течении – падения.

Главной водной артерией района является р. Нева с площадью 281000 км². Собственный бассейн реки Невы составляет 5000 км². Река Нева имеет обширную долину, названная Приневской низменностью. Ширина долины составляет 35 – 50 км. Пойма отсутствует, берега вы-

сокие и постепенно снижаются от истока к устью. В районе Ивановских порогов река прорезает известняковый кряж, а русло реки сложено песчаными грунтами. Средняя ширина реки 400 – 600 м, глубина 8 – 11 м, средняя скорость течения 0,9 – 1,2 м/сек. Многие притоки реки Невы берут начало из озер и болот. Притоки имеют пологие берега, широкие заливные поймы, у которых имеется падение.

В центре данной территории занимает Волховско – Ильменский бассейн. На этом бассейне развитую гидрографическую сеть имеют реки: Пола, Ловать и Шелонь. Большинство рек данного бассейна берет начало из водораздельных болот. В верхнем течении долины этих рек не выражены. Слабо разработаны русла, реки теряются в зарослях болотной растительности. А уклоны рек малы. Ниже по течению рек русла врезаются в коренные породы. В границах холмисто – озерной моренной полосы речные системы состоят из цепи озер, которые соединены притоками. Многие реки на устьевых участках разветвляются на многочисленные рукава, образуя обширные дельты, к таким рекам относятся Мста, Пола и Ловать.

На Северо – Западе находятся два крупнейших озера Онежское и Ладожское, которые соединяет река Свирь. Основные притоки бассейна реки Свирь являются реки Паша и Оять. Реки в верхней части бассейна, которые впадают в Ладожское озеро с юга, у них развиты карстовые явления. Такие реки, как Сухая, Оляха и др. имеют подземные русла длиной от 0,1 до 4 км, что обусловлено наличием карста. Расход воды рек после выхода на поверхность увеличивается, а иногда уменьшается, это зависит от того, отдает ли подземное русло воды известнякам или дренирует последние.

Реки, которые прорезают Карбоновое плато в северной и южной частях, для них характерны долины, русла и питание отличающиеся от рек, которые стекают с уступа в центральной части плато. Они интен-

сивно дренируют подземные карстовые воды. А реки центрального участка питаются за счет атмосферных осадков. В засушливые годы реки местами пересыхают. На Карбоновом плато, которое обрывается глинтлом, реки прорезают известняки, имеются каньонообразные долины, порожистые русла и уклоны от 2,00 – 5,00%. Течение рек бурное и по внешнему виду, приближены к горному типу. А в местах, где реки прорезают район с рыхлыми отложениями, они принимают равнинный характер: долины расширяются, уклоны уменьшаются, русла меандрируют, а пороги исчезают.

Реки, берущие начало с внутреннего водораздела (Луга и Плюсса), имеют развитую речную сеть. Большинство рек этого бассейна берут начало из болот. В верхнем течении реки имеют пойменные долины с высокими и пологими склонами; в среднем течении долины с крутыми и высокими склонами, часто встречаются террасированные склоны; в нижнем течении долины расширяются и склоны становятся пологими.

В речной сети Чудско – Псковского бассейна в бассейне реки Великой, реки с длиной менее 10 км насчитывают 99% общего числа. А 55 рек насчитывается с длиной свыше 25 км. Это вызвано тем, что устье реки Великой разветвляется и образует большую дельту. Восточная и южная части бассейна находятся в районе Судомской и Вязовской возвышенностей. Для этих районов свойственны узкие долины рек с крутыми склонами, русла с многочисленными порогами и перепадами. Главная особенность этой части бассейна является большое наличие озер. В средней и нижней частях бассейна долины рек неглубокие с широкими поймами и пологими склонами. Извилистые русла, берега низкие и заболоченные, течение слабое.

На Ижорском плато, которое в центральной части Силурийского плато, гидрографическая сеть почти отсутствует. Атмосферные осадки свободно проникает через карстовые воронки и трещины в толщу кар-

ствующих известняков. На окраине плато встречаются многочисленные и многоводные родники, которые дают начало рекам таким как: Ижоре, Оредежи, Систе и многим другим. На северной окраине плато, реки прорезают глинт, текут в глубоких долинах и имеют полугорный характер, а проходя по низменности между глинтом и заливом долины извилисты и заболочены.

На участке Силурийского плато, которое ограничено реками Нарвой и Лугой, отмечены карстовые явления. Русло реки Плюссы, прорезающее силурийские известняки, местами порожистое; по берегам реки имеют карстовые воронки, лога и карстовые источники.

Отличительной особенностью рек Северо – Запада является слабая естественная зарегулированность их озерами, кроме рек Невы, Свири и Волхова, режим которых находится под воздействием озер Ладожского, Онежского и Ильменя.

3.2 Озера

Многочисленный пояс озер расположен в юго – западной и юго – восточных частях территории Северо – Запада, в районах моренных возвышенностей. Много озер находится в возвышенностях Валдайской (в бассейнах правобережных притоков реки Полы), Струго – Красненской (в бассейне реки Луги), Судомской и Новоржевской. Озерность этих рек составляет 1,8 – 2,8%. Хотя притоки их имеют повешенный процент озерности, так как расположены они в озерной конечноморенной области.

Происхождение озерных котловин связано с тектоническими процессами и с эрозионно – аккумулятивной деятельностью ледниковых потоков эпохи материкового оледенения. Соответственно с этим выделяют два типа озер: тектонические и моренные.

Большую роль в образовании и переформировании котловин озер сыграло четвертичное оледенение. Тектонические котловины озер носят выраженные следы эрозионной деятельности ледника. По характеру дна и берегов Ладожское и Онежское озера делятся на две части: северную, которая отличается большой глубиной, наличием длинных и глубоких ям; и южную, имеющую ровный рельеф и небольшие глубины.

На территории Северо – Запада есть озера моренного типа. Их котловины принадлежат к понижениям между моренными грядами и холмами или образованы в результате подпруживания речных долин ледниковыми отложениями. Котловины этого типа небольших размеров, имеют округлую форму, у них слабо развитая береговая линия. Глубины не превышают 5 – 10 м, а рельеф дна плоский с залежами отложения ила, мощность которого достигает 1 – 3,5 м. Также часто встречаются узкие длинные озера, через которые протекают реки.

Также встречаются озера, происхождение котловин которых связано с другими факторами. К таким озерам относятся: лагуно – лиманного типа, болотные и карстовые.

Лагунные озера образовались в результате полного и частичного отчленения от моря мелководных бухт и заливов, или путем затопления морем низовьев рек, впадающих в Финский залив. Такие озера имеют округлые очертания или вытянутые в направлении реки, в русле которых образовались они. Берега в основном низкие и заболоченные, а глубины незначительные.

Большое распространение на территории Северо – Запада имеют озера болотного типа. Озера этого типа расположены в заторфованных равнинах Волховско – Ильменской низменности. Эти озера имеют площади незначительные, глубина их небольшая, а дно заиленное. Озера сильно зарастают водной растительностью.

На территории Карбонового и Силурийского плато близко от поверхности залегают карстующиеся известняки. Озера овальной формы, вытянутые с северо – запада на юго – восток. Берега таких озер сильно изрезаны и имеют лопастную форму. Дно неровное и наблюдаются несколько поглощающих воронок. Вода из карстовых озер может совершенно исчезать, уходя в воронки.

На рассматриваемой территории озера сточные или проточные и лишь небольшое количество бессточных озер.

3.3 Подземные воды

Одним из факторов, играющих существенную роль в формировании речного стока в бассейнах рек Северо – Запада, являются подземные воды. Для данной территории характерно значительное развитие речной сети, что активизирует подземный сток в зоне интенсивного водообмена.

Подземный сток имеет общее направление в сторону Балтийского и Белого морей, но также существует движение в сторону крупных водоемов, которые принадлежат к котловинам тектонического происхождения (озера Ладожское, Онежское, Ильмень, Псковское). Помимо этого, на направление подземного стока влияние оказывают древние долины основных рек района: Волхова, Свири, Мсты, Великой и др.

Котловины озер и долины рек являются зонами разгрузки не только водоносных горизонтов зоны интенсивного водообмена, но и более глубоких напорных водоносных комплексов.

Территории Ленинградской, Псковской и Новгородской областей входит в Ленинградский артезианский бассейн. В гидрогеологическом разрезе выделяют два яруса подземных вод: нижний, охватывающий

гдовский водоносный горизонт; и верхний, включающий от кембро – ордовикского до четвертичного водоносные комплексы.

В четвертичных подземных водах выделяются водоносные комплексы болотных, эоловых, озерно – ледниковых, флювиогляциальных, конечно – моренных отложений и других. Пески различного гранулометрического состава, гравийно – галечные слои, а также песчаные и супесчаные прослои и линзы в толще ленточных глин и валунных суглинков – это водовмещающие породы. Наибольшее распространение имеют безнапорные грунтовые воды.

Подземные воды дочетвертичных отложений заключены в обломочных и карбонатных породах нижнего и среднего карбона, верхнего и среднего девона, а также ордовика, кембро – ордовика и нижнего кембрия.

Водообильные водоносные горизонты, которые используются для хозяйственно – питьевого и технического водоснабжения являются: 1) гдовский комплекс в центральной полосе Карельского перешейка и минерализованными водами в районе Ленинградской области; 2) ордовикский комплекс на Силурийском плато и к югу от него; 3) бурежский горизонт в южной и западной частях Псковской области и на южном побережье озера Ильмень; 4) веневско – протвинский комплекс в районах Бокситогорском и Боровичском.

Для Ленинградского артезианского бассейна характерно наличие ряда возвышенностей и депрессий, которые подчинены направлениям движения подземных вод от областей создания гидростатического напора к областям разгрузки. К возвышенностям относятся: Лемболовская, Ижорская, Лужская, Судомская, Бежаницкая, Олонецкая, Вепсовская, Валдайская. А к депрессии: Лужско – Нарвская, Псковско – Чудская, Ладожско – Волховская, Ильмень – Ловатская.

На севере территории в пределах Предглинтовой низменности подземный сток в реки формируется за счет вод четвертичных отложений. Мощность четвертичного покрова возрастает до 100 м. Здесь развиты подземные воды аллювиальных, озерных и флювиогляциальных отложений. Глубина залегания грунтовых вод составляет 1 – 5 м. На некоторых участках Предглинтовой низменности, где размывается морена, морские и подморенные флювиогляциальные пески образуют единую водоносную толщу.

Южнее, в границах Силурийского плато, подземный сток в реки формируется за счет трещиноватых и закарстованных известняков и доломитов, которые закрыты немошной толщей четвертичных отложений. Крупные реки дают начало многим рекам.

К югу от Силурийского плато содержатся грунтовые и напорные подземные воды, принимающие участие в подземном питании рек. Глубина залегания среднедевонского водоносного комплекса не превышает 10 – 20 м. На данной территории, грунтовые воды четвертичных отложений являются источником питания рек в межень.

4 Внутригодовое распределение стока

4.1 Расчет внутригодового распределения стока при наличии данных наблюдений

Наибольшая часть годового стока рек приходится на долю весеннего половодья, поэтому его объем, продолжительность и доля в годовом стоке определяют особенности распределения стока в году.

Средние величины слоя весеннего стока колеблются в пределах 84 – 208 мм. Абсолютные величины весеннего стока увеличиваются в направлении с юго – запада на северо – восток. Это зависит от распределения запасов воды в снежном покрове по территории, которые увеличиваются также как и величины весеннего стока. Доля весеннего стока составляет 38 – 68% годового стока.

Слой стока по территории в летнюю межень колеблется от 20 до 60 мм. Осенью меженный сток заметно повышается, это связано с выпадением осадков и уменьшением испарения с почвы и водной поверхности. Также меженный сток увеличивается за счет дождевых паводков в летне – осеннюю межень. Суммарная величина стока за летне – осенний сезон повышается до 127 мм. Доля летне – осеннего стока составляет 18 – 44% годового стока.

Наименьшие величины зимнего стока наблюдаются в феврале (в юго – западной части Северо – Запада) и марте (на северо – востоке территории). При оттепелях зимняя межень прерывается паводками, которые повышают сток в зимний период. По территории зимний сток изменяется от 11 до 95 мм, что составляет до 29% годового стока.

Расчет распределения стока рек по сезонам и внутри сезонов произведен по методу Андреянова, который основан на равенстве обеспе-

ченности величин годового стока, стока лимитирующего периода года и стока лимитирующего сезона. Распределение стока по сезонам и внутри сезонов приводится для трех градаций водности водохозяйственного года и сезонов: многоводный (25%), средний (50%) и маловодных (75%).

В связи с тем, что сроки наступления гидрологических сезонов на северо – востоке данной территории отличается от сроков наступления сезонов в юго – западной части, для определения единых календарных сроков сезонов произведено распределение рассматриваемой территории на зоны: северо – восточную и юго – западную.

4.2 Районирование территории по типам внутригодового распределения стока средних и малых рек

Выявить особенности распределения стока в году уместно по частям описываемой территории с близкими климатическими условиями и общими чертами внутригодового режима речного стока.

1) Свирско – Мстинский район

Распределение стока между лимитирующим периодом и весенним половодьем характеризуется устойчивым и равномерным. 44% годового стока приходится на долю лимитирующего периода, из них на долю летне – осеннего сезона – 32%, а на долю зимнего – около 12%.

На реках с карстовым питанием наблюдается наибольшие относительные величины зимнего стока (13,8 – 14,5% годового). 9% - это наименьшая величина для реки Ояти, где наблюдаются карстовые явления, но карст в зимнюю межень не оказывает положительного влияния на питание реки.

Наименьший сток в году наблюдается зимой и в марте.

2) Волховско – Шелонский район

Рассматриваемый район находится в западной части Приильменской низины и в северном направлении левобережной части Ильменско – Ладужской низменности. Данный район сложен слабопроницаемыми породами, поэтому сток рек этого района отличается наименьшей естественной зарегулированностью. В среднем 38% годового стока приходится на долю лимитирующего периода, из них 28% - на долю летне – осенний сезон, а на долю зимнего – 10%.

Наибольший месячный сток в этом районе наблюдается весной, в апреле, наименьший – в августе, реже в июле.

3) Район Ижорской возвышенности

Карст оказывает большое влияние на внутригодовое распределение стока, так как он сглаживает годовой ход стока и снижает удельный вес стока весеннего половодья. На долю весеннего стока приходится в среднем 47% годового стока. Летне – осенний сток составляет в среднем 37% годового стока, зимний – 16%.

В зависимости от степени закарстованности водосборов режим стока изменяется в пределах: величина летне – осеннего стока составляет до 44% годового стока, а величина зимнего – до 20%.

Наибольший месячный сток в этом районе наблюдается весной, в апреле, наименьший – зимой, в феврале, реже в марте.

4) Юго – Западный район

Рассматриваемый район включает левобережную часть водосбора реки Луги и водосборы реки Плюссы и Великой, характеризуется неоднородностью естественной зарегулированности стока.

Умеренной естественной зарегулированность стока характеризуются бассейны рек Луги и Плюссы. Около 48% годового стока приходится на лимитирующий период. Сток летне – осеннего сезона составляет 34%, а зимний сток – 14%.

По характеру естественной зарегулированности бассейн реки Великой делится на три части: южную, правобережную и левобережную. В южной части данного бассейна реки обладают повышенным стоком лимитирующего периода – 60% годового и лимитирующего сезона – 18 - 22%. Реки левобережной части имеют повышенную водность лимитирующего сезона и периода, в отличие от правобережной части бассейна. На их долю в левобережной части бассейна приходится соответственно 45 – 50 и 12 – 17% годового стока, в правобережной части – 40 – 45 и 10 – 12%.

Наибольший месячный сток рек наблюдается весной, в апреле, наименьший – летом, в августе, реже – зимой, в феврале.

5) Ловатский район

Данный район рассматривает бассейны рек Полы, Ловати и Полисти. Режим распределения стока рек обладает равномерностью и устойчивостью распределения стока весной и в лимитирующий период. На долю их приходится в среднем 53 и 47% годового стока. Летне – осенний сток составляет 34% годового стока, зимний – 13%.

Наибольшая относительная водность месячного стока на реках района наблюдается весной, в апреле, а наименьшая – летом, обычно в августе.

б) Верхне – Мстинский район

На рассматриваемом районе действует система Вышневолоцких водохранилищ, где большая часть стока реки Мсты и притоков сбрасывается в Волгу. Поэтому здесь действует искусственное регулирование стока.

Наибольший месячный сток на этой реке наблюдается весной, в апреле, а наименьший – зимой, в феврале.

4.3 Влияние физико – географических факторов на внутригодовой режим стока

При сопоставлении относительных величин сезонного и месячного стока разных рек в пределах одного и того же района при совершенно одинаковых климатических условиях обнаруживается иногда значительное различие в характере распределения стока. Это различие обусловлено влиянием местных физико – географических факторов.

Значительное влияние на зарегулированность стока рек оказывают наличие водопроницаемых почво – грунтов, расчлененность рельефа и уклоны земной поверхности.

В районе Ижорской возвышенности наблюдается равномерное распределение стока, это связано с тем, что возвышенность сложена карстующими известняками ордовика. Атмосферные осадки свободно проникают в толщу трещиноватых известняков с выходом в речную сеть в зоне разгрузки подземных вод.

Озера перераспределяют сток, уменьшая максимальные расходы и объем стока весеннего половодья и увеличивая минимальные расходы и сток маловодных сезонов.

Также оказывают регулирующее влияние на сток заболоченность и лесистость, но проследить это влияние оказалось невозможным. Но удалось обнаружить, что, чем больше заболоченность или чем больше лесистость водосбора, тем больше зарегулирован сток рек.

Величина коэффициента вариации стока лимитирующего периода изменяется от 0,29 до 0,94, летне – осеннего – от 0,30 до 1,19 и зимнего – от 0,24 до 1,27.

Большие значения коэффициента вариации сезонного стока относятся к рекам Волховско – Шелонского района, где за лимитирующий период коэффициент вариации колеблется 0,57 – 0,94, за летне – осен-

ний период – 0,64 – 1,19, за зимний период – 0,63 – 1,27. Повешенная изменчивость объясняется преобладанием в районе слабопроницаемых почво – грунтов, которые образую дождевые паводки в летне – осенний период и в зимних паводков в периоды оттепель.

5 Расчет внутригодового распределения стока с использованием данных последних лет наблюдений

При расчете внутригодового распределения стока рек используются данные о среднемесячных расходах воды.

Расчет внутригодового распределения стока производят по водохозяйственным годам. Водохозяйственный год делится на два периода: нелимитирующий и лимитирующий. Лимитирующий период подразделяется на два сезона: нелимитирующий и лимитирующий. В данной работе за лимитирующий сезон берется зима.

В данной работе определение расчетного внутригодового распределения стока производилось методом среднего распределения стока за годы характерной градации водности.

Были сформированы ряды расходов воды за водохозяйственный год, лимитирующий период и лимитирующий сезон. За лимитирующий сезон принимался наиболее маловодный сезон, включающий период с ноября по март.

Полученные ряды ранжировались и для каждого члена ранжированного ряда определялись эмпирические обеспеченности (прил.) по формуле

$$P=m/(n+1)*100\%$$

В зависимости от расчетной обеспеченности отбирались годы соответствующей градации водности (прил.):

- Многоводная $P < 33,3\%$;
- Средней водности $33,3\% < P < 66,7\%$;

- Маловодная $P > 66,7\%$.

По каждой группе лет рассчитывались средние месячные значения стока и выражались в процентах от среднегодового для данной группы. В этой работе производился расчет гидрографа 80%-ой обеспеченности для всех групп водности (прил.).

Расчетное распределение стока вычислено путем умножения месячных процентов стока на годовой объем стока расчетной вероятности превышения, определенный по аналитической кривой обеспеченности (прил.).

По этим данным строились гидрографы по всем группам водности за весь период наблюдений, а также за период, включающий годы, в течение которых на СЗ РФ наблюдались климатические изменения, выраженные в увеличении температуры воздуха и суммарных осадков.

5.1 Оценка временных трендов рядов стока за лимитирующий сезон, нелимитирующий сезон, нелимитирующий период и за год.

На рисунках 5.1 – 5.8 представлены хронологические графики среднемесячных расходов воды за лимитирующий сезон, нелимитирующий сезон, нелимитирующий период и за год по 8 постам.

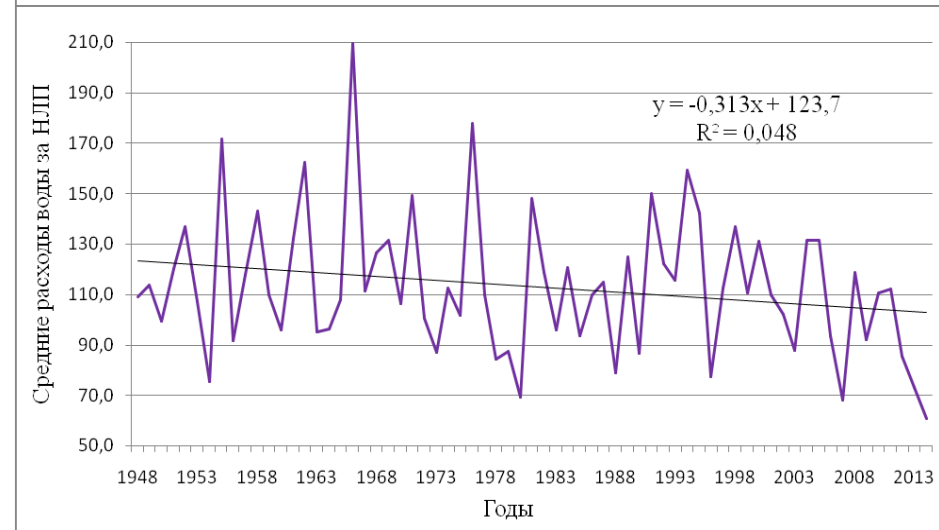
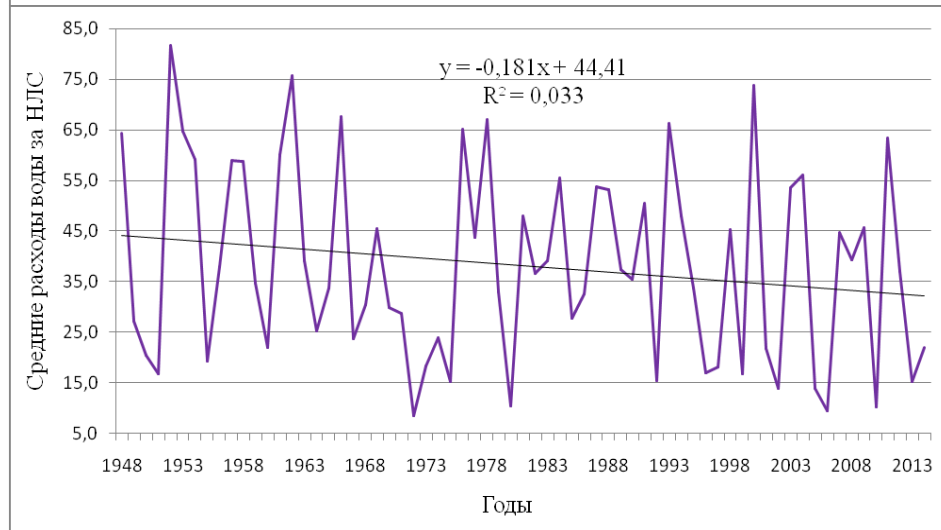
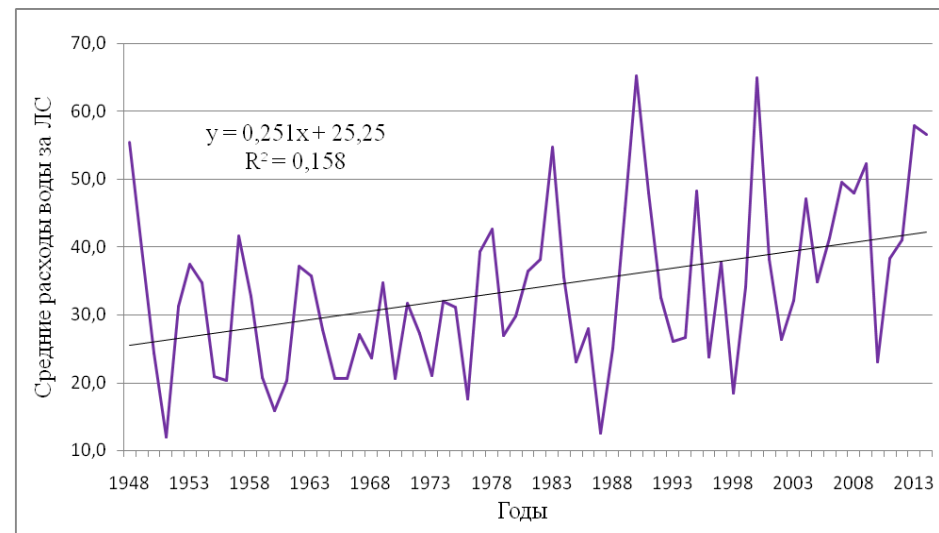
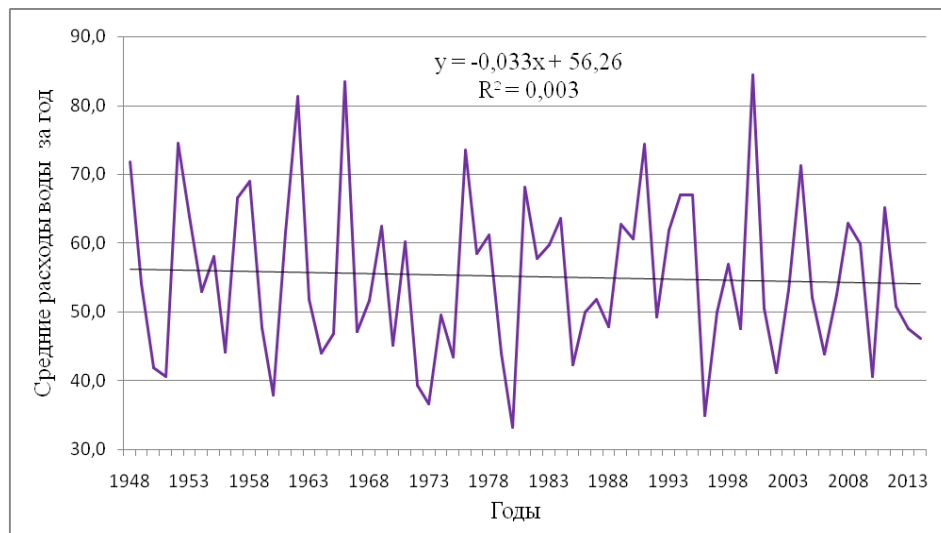


Рисунок 5.1 – Линейный тренд стока р. Оять за а) год; б) лимитирующий сезон; в) нелимитирующий сезон; г) нелимитирующий период

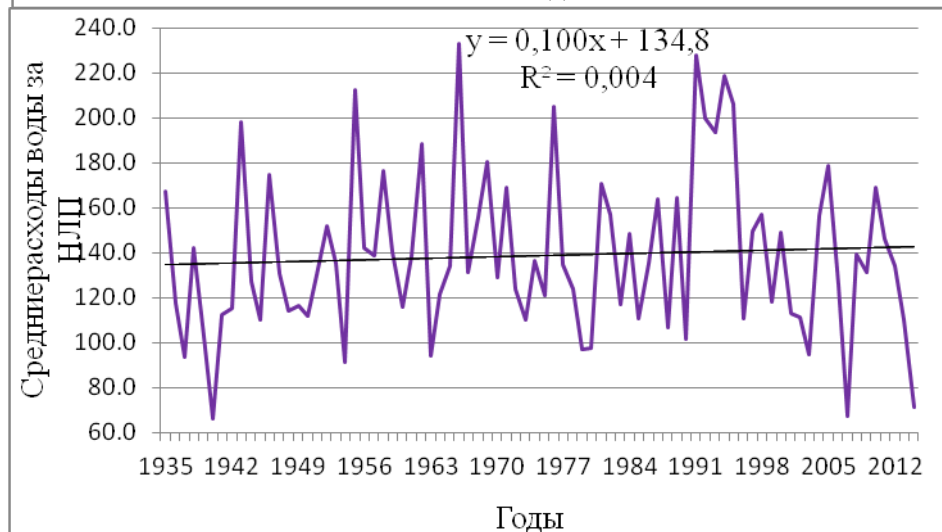
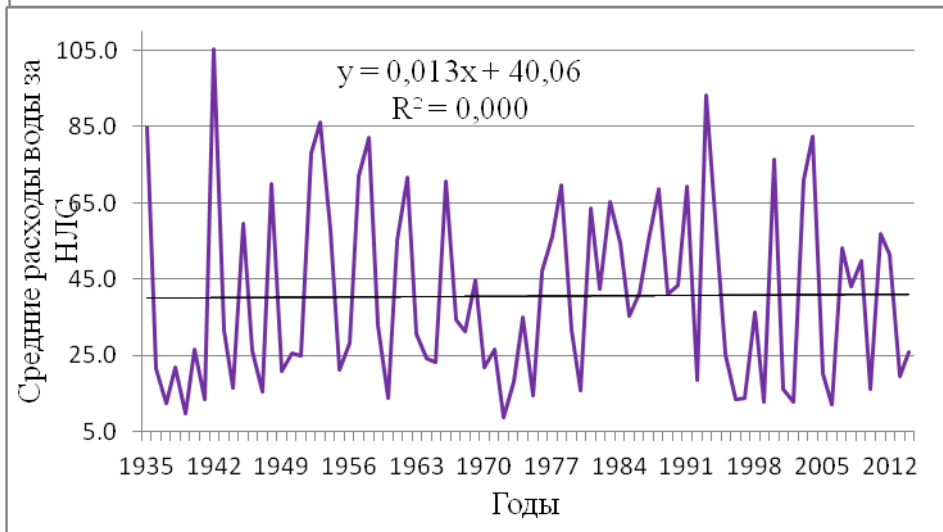
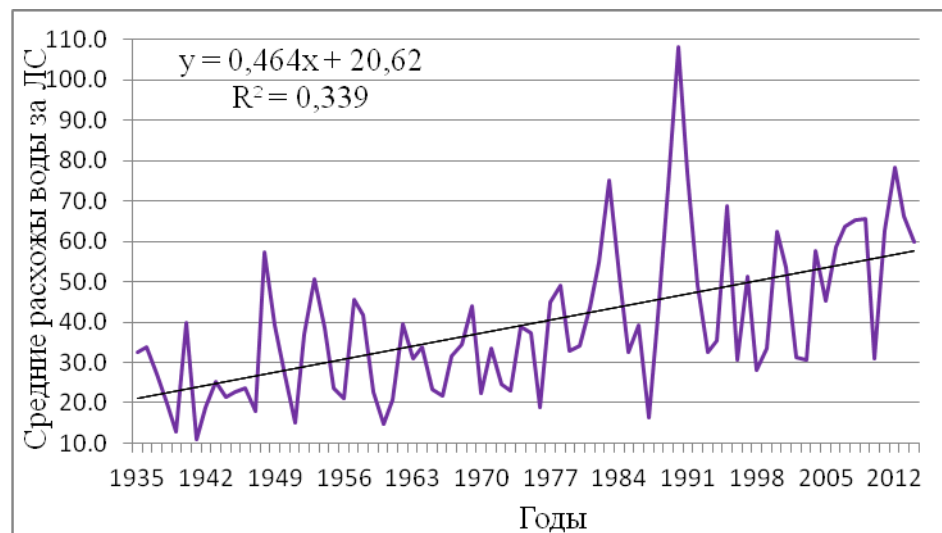
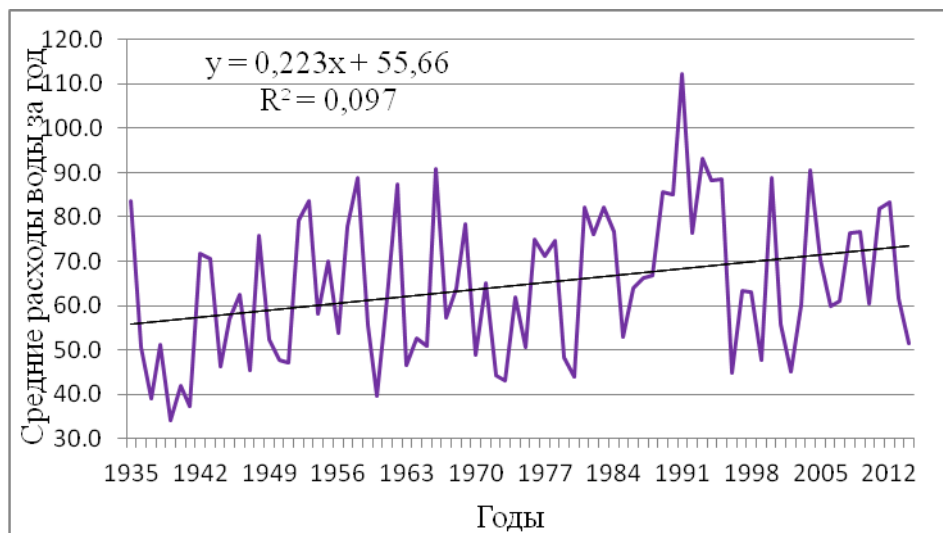


Рисунок 5.2 – Линейный тренд стока р. Паша за а) год; б) лимитирующий сезон; в) нелимитирующий сезон; г) нелимитирующий период

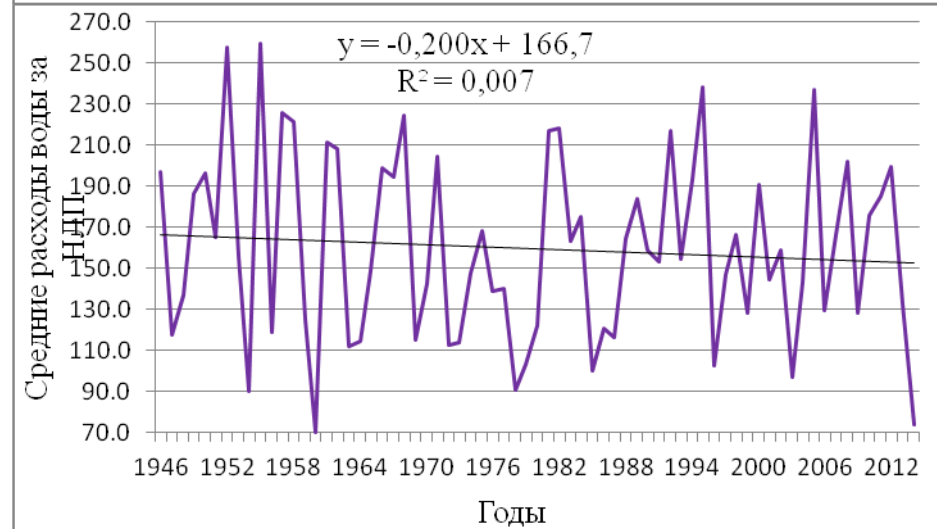
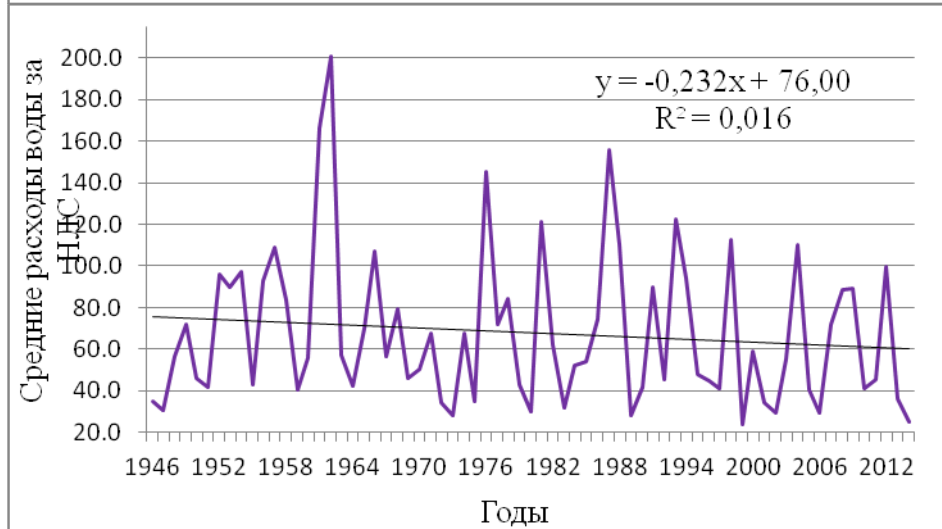
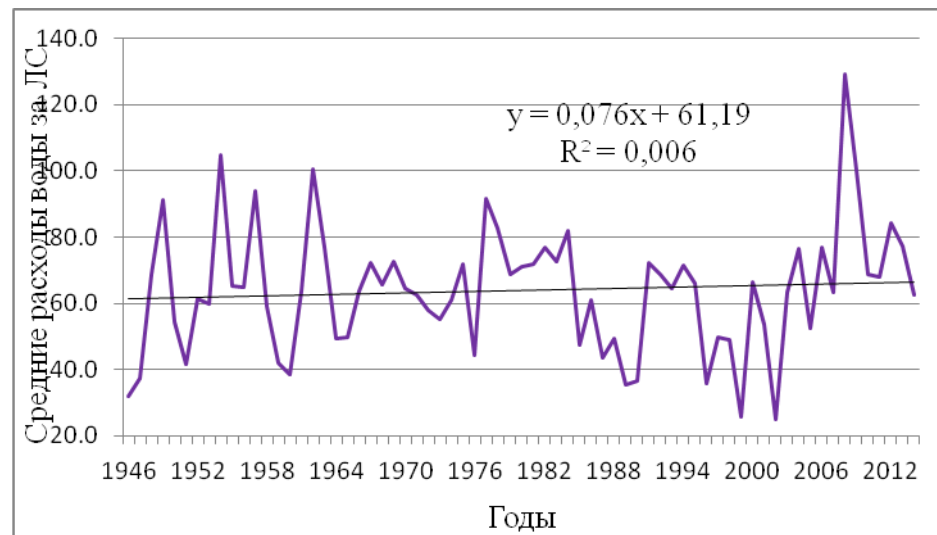
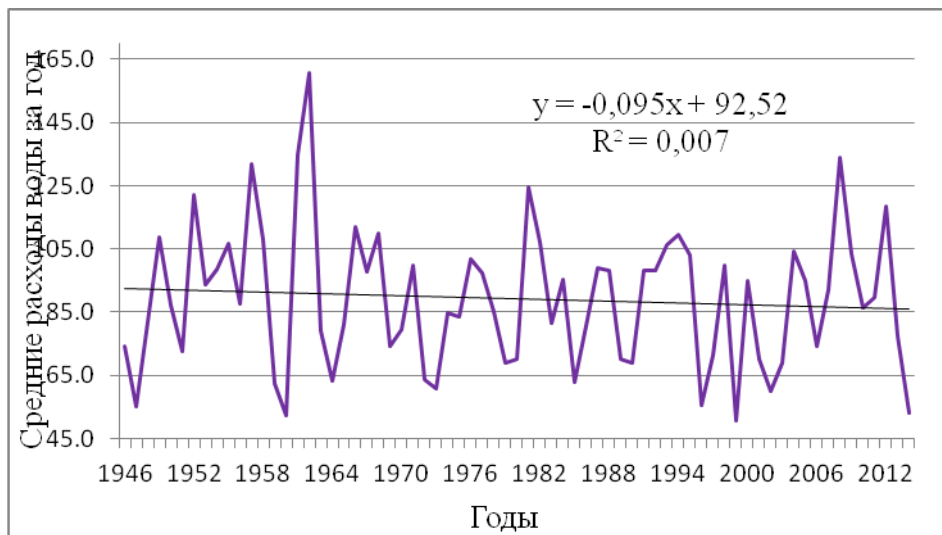


Рисунок 5.3 – Линейный тренд стока р. Шуя за а) год; б) лимитирующий сезон; в) нелимитирующий сезон; г) нелимитирующий период

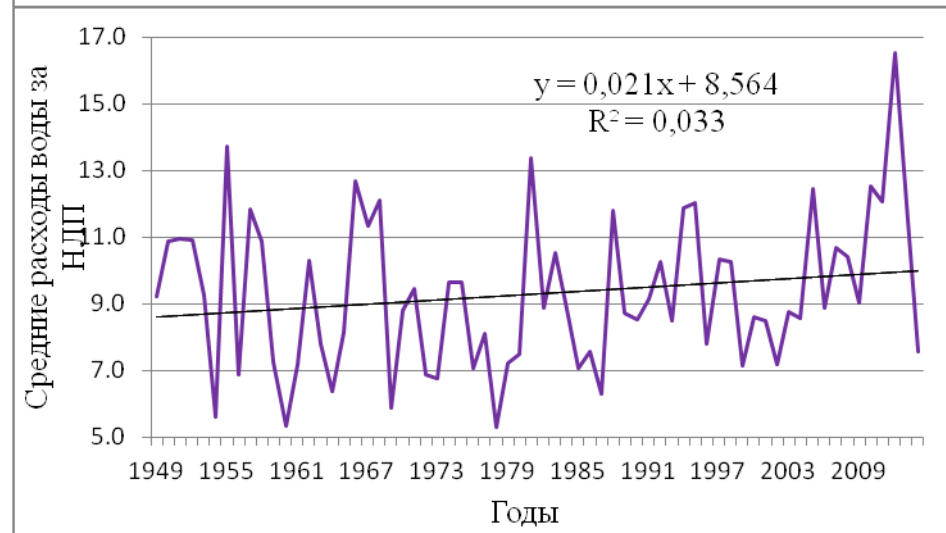
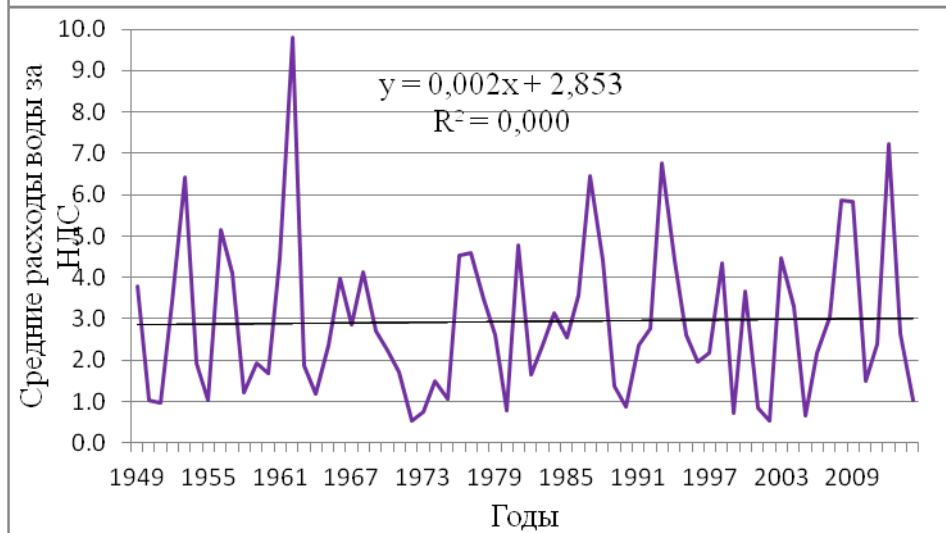
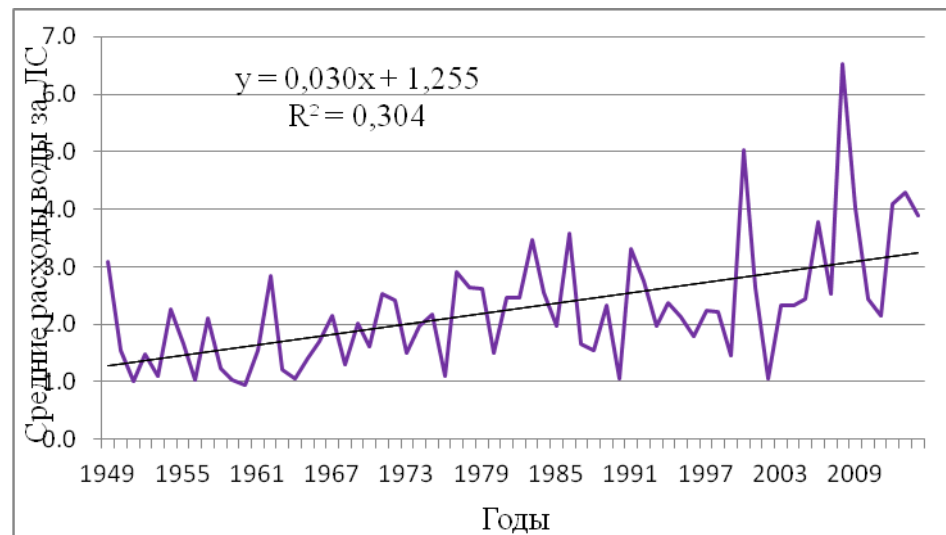
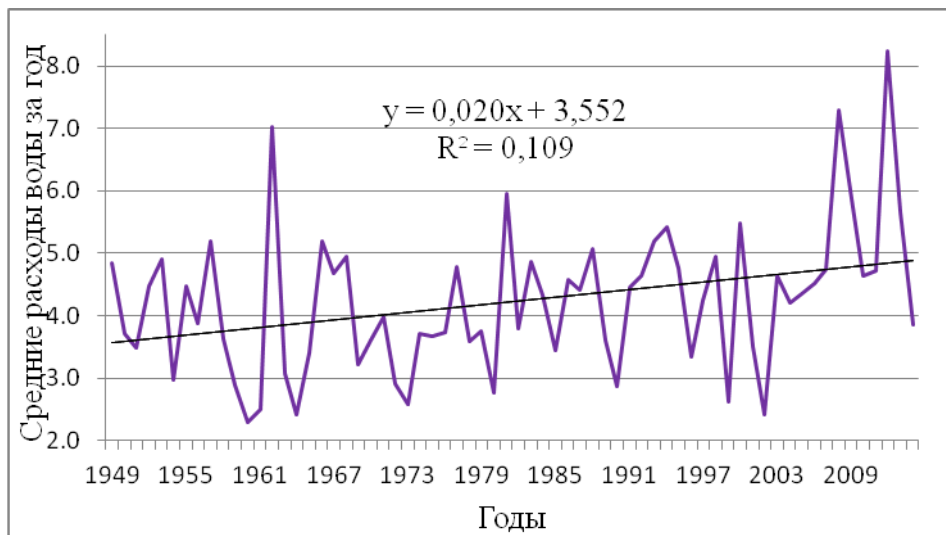


Рисунок 5.4 – Линейный тренд ряда стока р. Уница за а) год; б) лимитирующий сезон; в) нелимитирующий сезон; г) нелимитирующий период

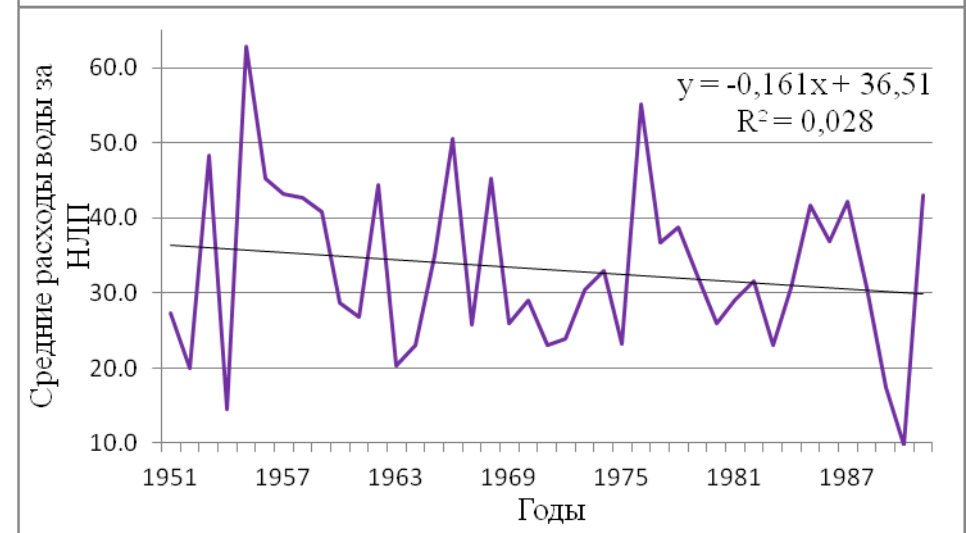
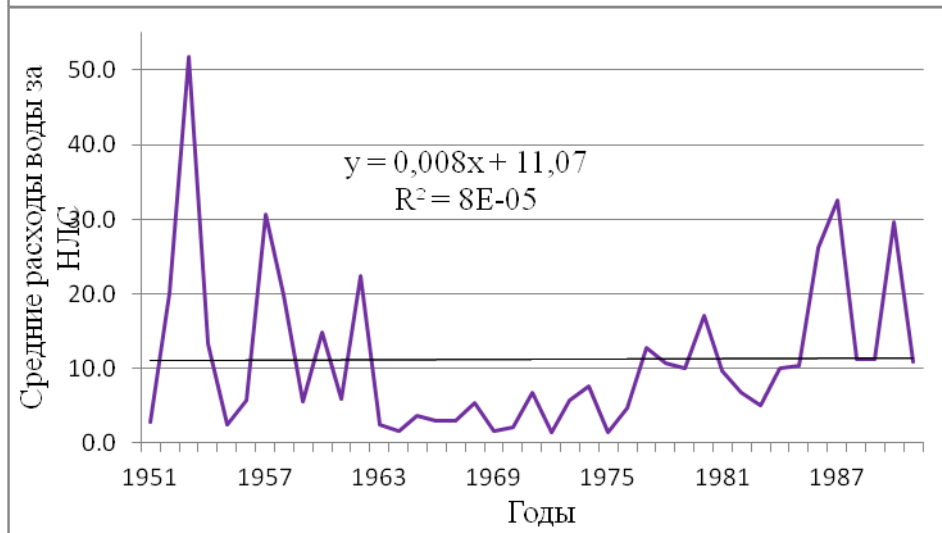
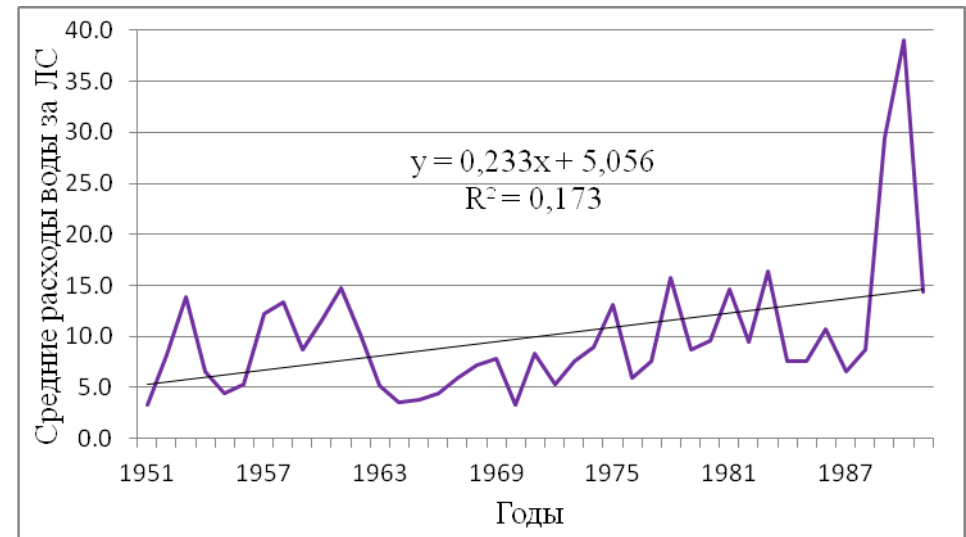
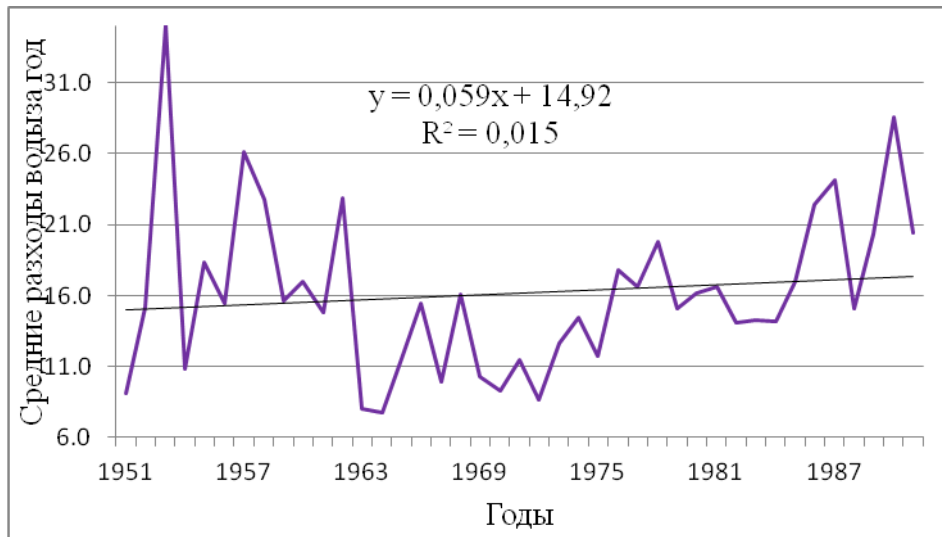


Рисунок 5.5 – Линейный тренд ряда стока р. Пола за а) год; б) лимитирующий сезон; в) нелимитирующий сезон; г) нелимитирующий период

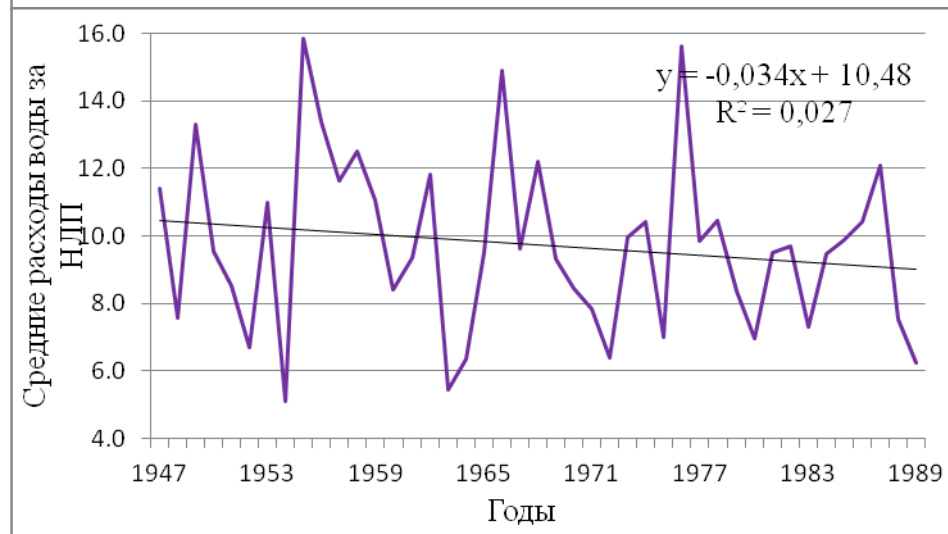
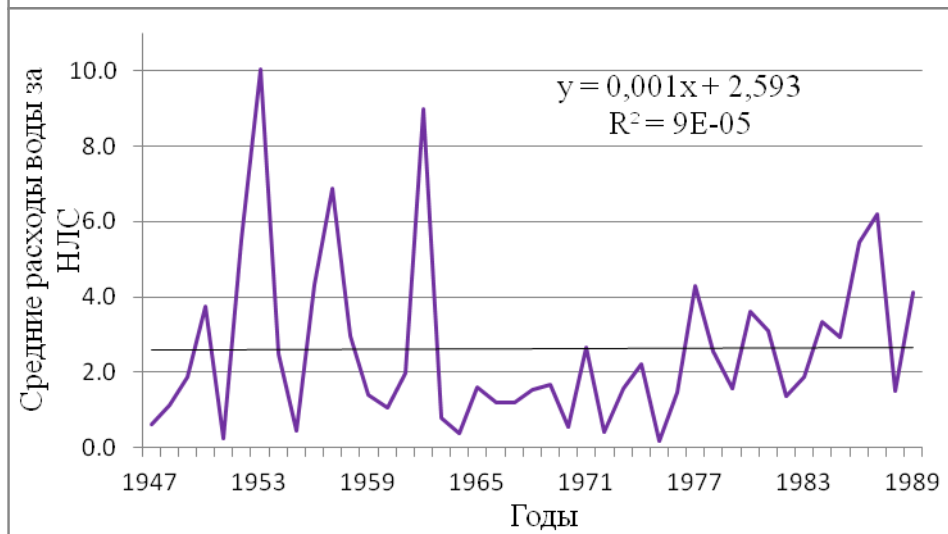
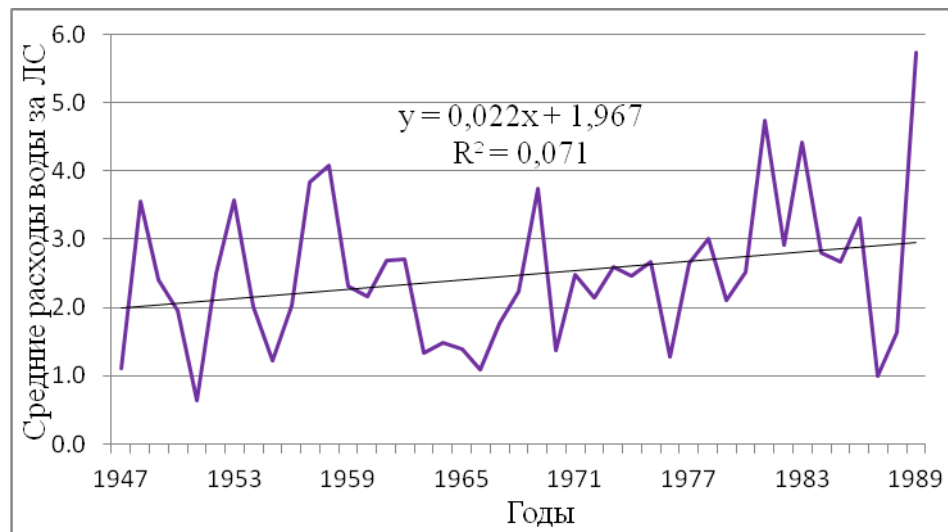
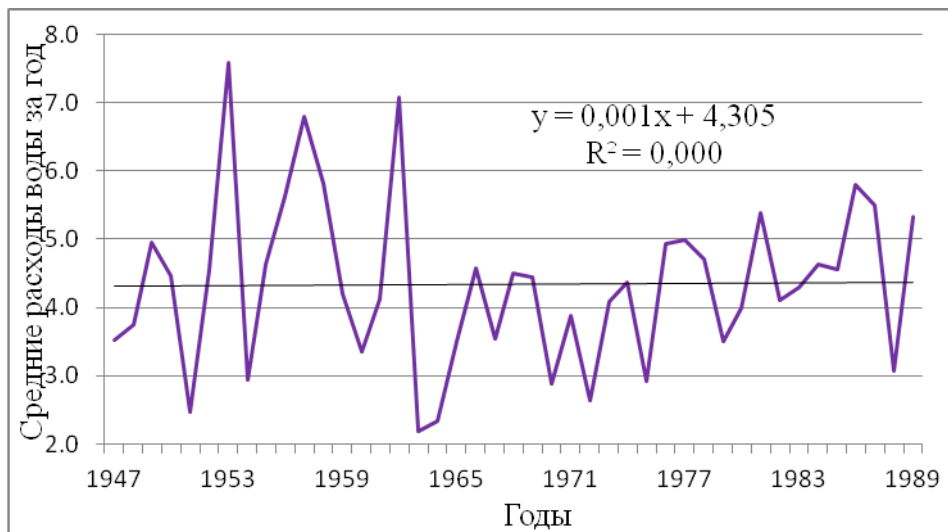


Рисунок 5.6 – Линейный тренд ряда стока р. Полометь за а) год; б) лимитирующий сезон; в) нелимитирующий сезон; г) нелимитирующий период

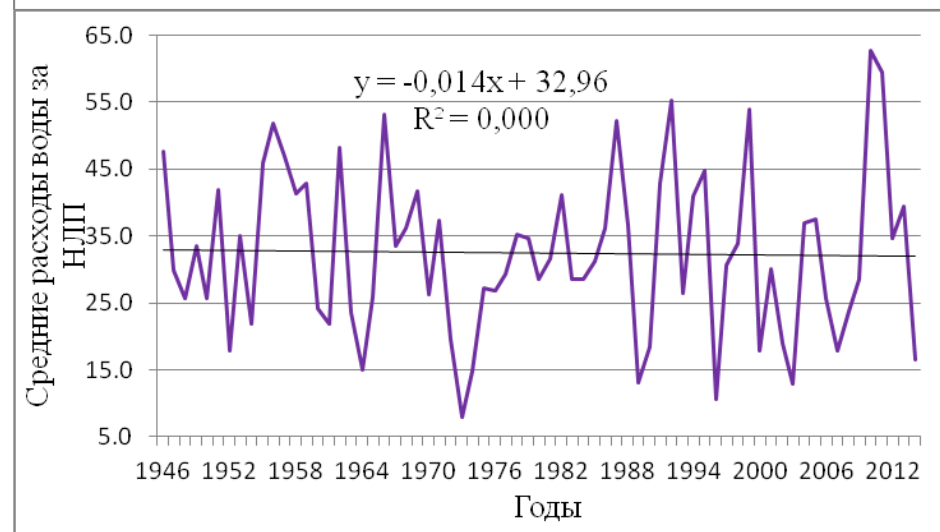
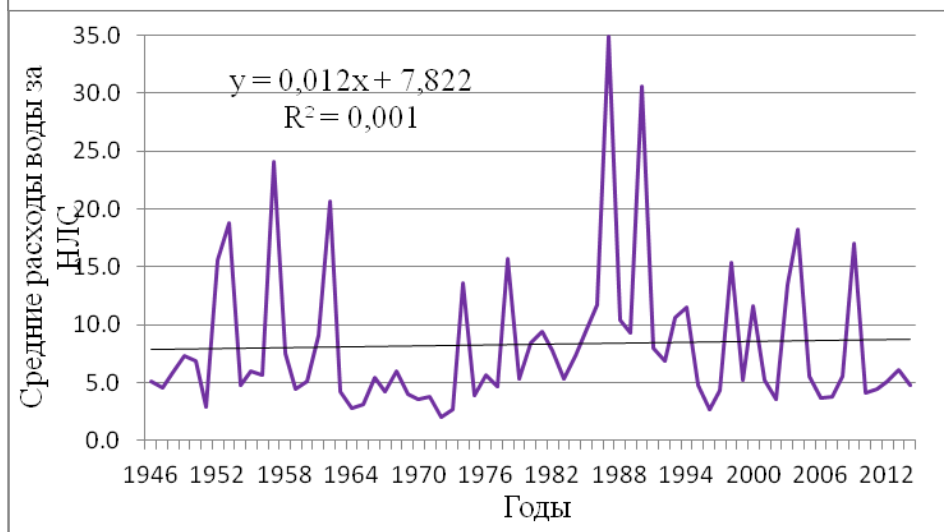
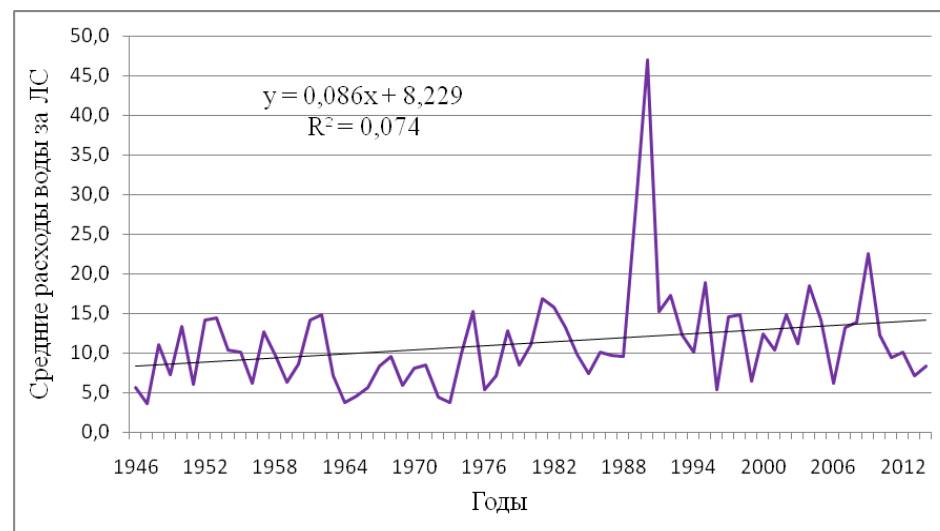
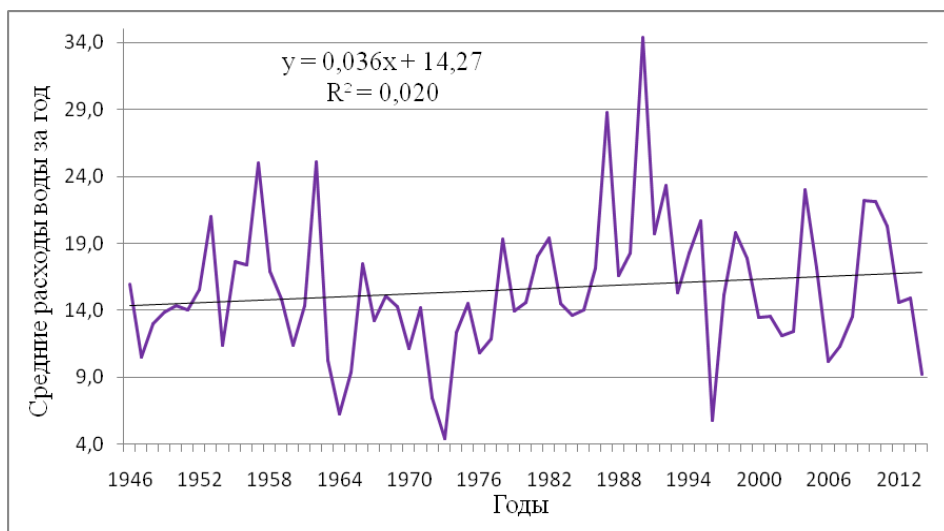


Рисунок 5.7 - Линейный тренд ряда стока р. Луга за а) год; б) лимитирующий сезон; в) нелимитирующий сезон; г) нелимитирующий период

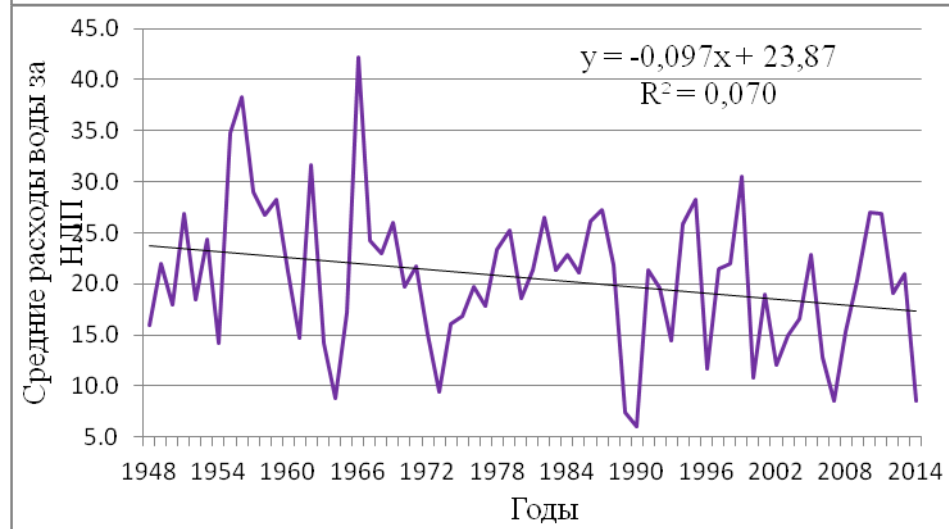
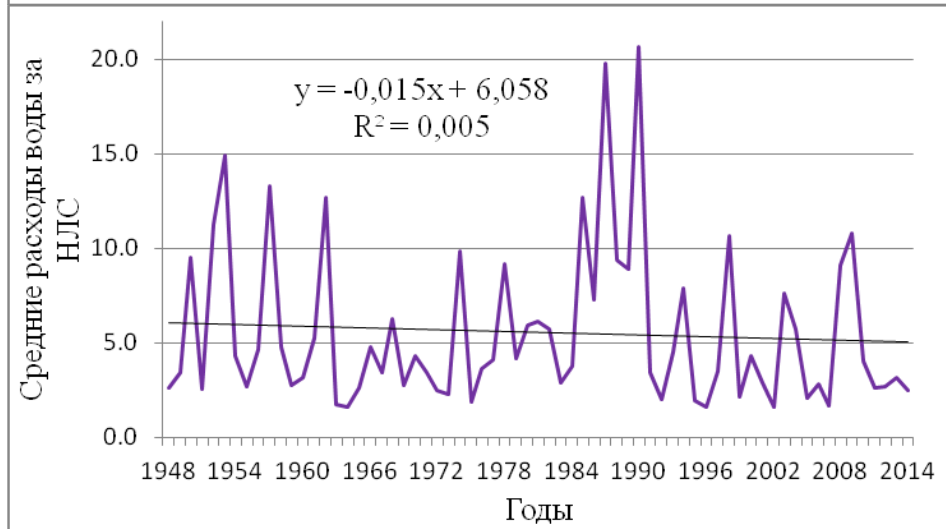
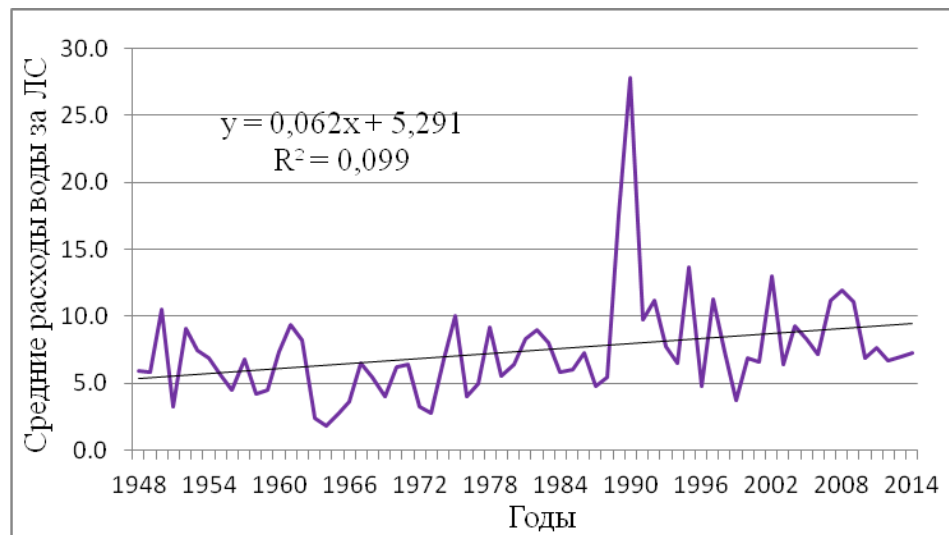
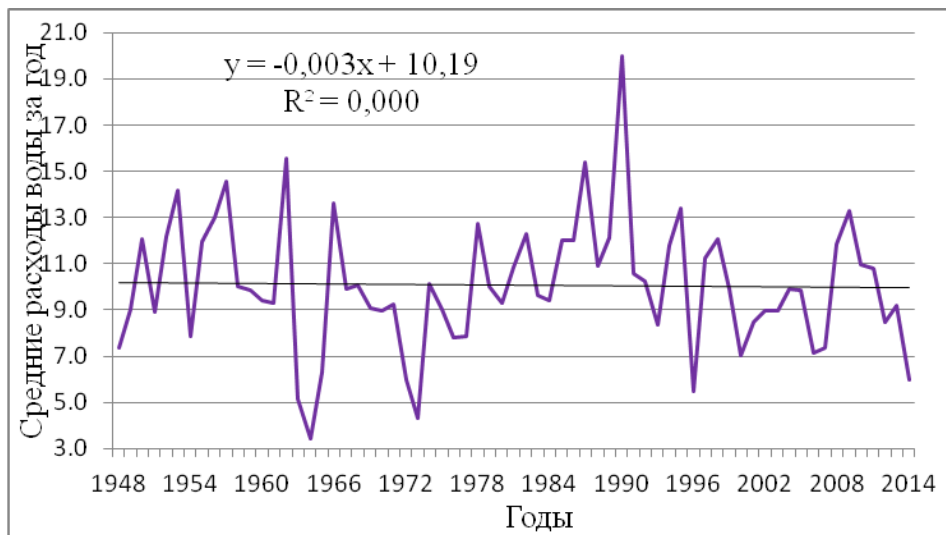


Рисунок 5.8 – Линейный тренд стока р. Плюсса за а) год; б) лимитирующий сезон; в) нелимитирующий сезон; г) нелимитирующий период

Показанные на рисунках 5.1 – 5.8 линейные тренды, оценивались соотношения коэффициента корреляции R и его среднеквадратической погрешности σ_R .

$$\sigma_R = \frac{1 - R^2}{\sqrt{n - 1}}$$

где R - коэффициент корреляции;

n - число членов ряда.

При соотношении $R / \sigma_R \geq 2$ тренд признавался значимым.

Таблица 5.1 – Оценка линейных трендов рядов за год

Пост	Год		
	R	σ_R	R / σ_R
Оять	0,055	0,123	< 2
Паша	0,311	0,102	> 2
Шуя	0,084	0,120	< 2
Уница	0,330	0,111	> 2
Пола	0,122	0,156	< 2
Полометь	0,000	0,154	< 2
Луга	0,141	0,119	< 2
Плюсса	0,000	0,123	< 2

Таблица 5.2 – Оценка линейных трендов рядов за лимитирующий сезон

Пост	ЛС (зима)		
	R	σ_R	R / σ_R
Оять	0,397	0,104	> 2
Паша	0,582	0,074	> 2
Шуя	0,077	0,121	< 2

Уница	0,551	0,086	> 2
Пола	0,416	0,131	> 2
Полометь	0,266	0,143	< 2
Луга	0,272	0,112	> 2
Плюсса	0,315	0,111	> 2

Таблица 5.3 – Оценка линейных трендов рядов за нелимитирующий сезон

Пост	НЛС (лето - осень)		
	R	σ_R	R/ σ_R
Оять	0,182	0,119	< 2
Паша	0,000	0,113	< 2
Шуя	0,126	0,119	< 2
Уница	0,000	0,124	< 2
Пола	0,009	0,158	< 2
Полометь	0,009	0,154	< 2
Луга	0,032	0,121	< 2
Плюсса	0,071	0,122	< 2

Таблица 5.4 – Оценка линейных трендов рядов за нелимитирующий период

Пост	НЛП (весна)		
	R	σ_R	R/ σ_R
Оять	0,219	0,117	< 2
Паша	0,063	0,112	< 2
Шуя	0,084	0,120	< 2
Уница	0,182	0,120	< 2
Пола	0,167	0,154	< 2
Полометь	0,164	0,150	< 2
Луга	0,000	0,121	< 2
Плюсса	0,265	0,114	> 2

Значимые тренды рядов за год оказались по гидрологическим постам рек Паша и Уница. Тренды рядов за лимитирующий сезон получились значимыми по постам рек: Оять, Паша, Уница, Пола, Луга и Плюсса. За нелимитирующий сезон не оказалось значимых трендов. А тренды рядов за нелимитирующий период получились только за один гидрологический пост по реке Плюсса.

Помимо оценки значимости линейного тренда по коэффициенту корреляции одним из самых мощных непараметрических критериев является критерий инверсий. При использовании критерия инверсий рассчитывается статистика I , которая представляет собой общее число инверсий.

Статистика I распределена асимптотически нормально с математическим ожиданием

$$m_I = \frac{n(n-1)}{4}$$

и дисперсией

$$D_I = \frac{2n^3 + 3n^2 - 5n}{72}$$

При объеме выборки $n > 30$ отклонением статистики I от нормального закона можно пренебречь.

Гипотеза о независимости и стационарности не опровергается если

$$\frac{|I - m_I|}{\sqrt{D_I}} < t_{1-\alpha}$$

где $t_{1-\alpha}$ – квантиль стандартного нормального распределения;

2α – двухсторонний уровень значимости.

Таблица 5.5 – Оценка трендов с помощью критерия инверсий

$$t_{1-\alpha} = 1,96$$

Пост	m_I	D_I	$\frac{(I - m_I)}{\sqrt{D_I}} < t_{1-\alpha}$	$\frac{(I - m_I)}{\sqrt{D_I}} < t_{1-\alpha}$	$\frac{(I - m_I)}{\sqrt{D_I}} < t_{1-\alpha}$	$\frac{(I - m_I)}{\sqrt{D_I}} < t_{1-\alpha}$
			(ср. год)	(ср. ЛС)	(ср. НЛС)	(ср. НЛП)
Оять	1106	8537	0,49<1,96	2,93>1,96	1,63<1,96	1,57<1,96
Паша	1580	14483	2,73>1,96	5,09>1,96	0,16<1,96	0,53<1,96
Шуя	1173	9319	0,65<1,96	0,55<1,96	1,48<1,96	0,39<1,96
Уница	1073	8163	2,29>1,96	4,22>1,96	0,07<1,96	1,23<1,96
Пола	410	1982	1,08<1,96	2,02>1,96	0,90<1,96	0,92<1,96
Полометь	452	2283	0,51<1,96	1,66<1,96	1,17<1,96	1,15<1,96
Луга	1173	9319	0,58<1,96	1,57<1,96	0,60<1,96	0,45<1,96
Плюсса	1106	8537	1,50<1,96	1,82<1,96	2,45>1,96	2,09>1,96

Оценка тренды рядов с помощью критерия инверсий за год для гидрологических постов оказались значимые по рекам: Оять, Шуя, Пола, Полометь, Луга и Плюсса. По рядам за лимитирующий сезон тренды стали значимые на реках: Шуя, Полометь, Луга и Плюсса. Как видим, для нелимитирующего сезона и лелимитирующего периода тренды рядов значимы на всех реках, кроме реки Плюсса.

5.2 Расчет внутригодового распределения стока методом среднего распределения за годы характерной градации водности

Расчет внутригодового распределения стока методом среднего за годы характерной градации водности проводился для трех групп водности: маловодной, многоводной и средней по водности группе лет. В

таблицах 5.6 - 5.11 представлены расчеты для восьми постов, расположенных на севере территории на реках Шуя и Уница, на востоке на реках Оять и Паша, на юге на реках Пола и Полометь и на западе территории на реках Луга и Плюсса. В таблицах 5.6, 5.8 и 5.10 приведен расчет за весь период наблюдений, а в таблицах 5.7, 5.9 и 5.11 за период с 1980 г. по 2014 г., в течение которого на территории Северо-запада России наблюдались хорошо выраженные климатические изменения, главным образом связанные с увеличением зимней температуры воздуха приземного слоя атмосферы.

По результатам расчетов были построены гидрографы, представленные на рисунках 5.9 - 5.20. На рисунках 5.9 - 5.12 представлены расчетные гидрографы, построенные для маловодной группы лет, на рисунках 5.13-5.16 – для группы лет средней водности, на рисунках 5.17-5.20 – для многоводной группы.

Анализ расчетных гидрографов показал, что наибольшее изменение во внутригодовом распределении стока произошло на реках восточной части территории для маловодной группы лет. Здесь сток за лимитирующий сезон года, в качестве которого был назначен самый маловодный период в году, включающий зимние месяцы, увеличился на 10 %, за не лимитирующий сезон лето-осень изменений не произошло, а сток за не лимитирующий период, приходящийся на весну соответственно на 10 % уменьшился.

На юге территории на реках Пола и Полометь также отмечается уменьшение на 10 % стока в не лимитирующий период, но при этом сток увеличивается как в не лимитирующий, так и в лимитирующий сезоны соответственно на 7 % и 3 %.

В западной части на реках Луга и Плюсса перераспределение стока составило лишь 5 % в сторону увеличения в лимитирующий сезон и уменьшения в не лимитирующий период.

На севере территории перераспределения внутригодового стока не выявлено.

Расчеты внутригодового распределения стока по многоводной группе и группе лет средней водности также показали тенденцию к увеличению стока в лимитирующий сезон главным образом на востоке территории, но изменения по этим группам составили не более 3 %.

Таблица 5.6 – Расчет внутригодового распределения стока для маловодной группы лет за весь период наблюдений обеспеченностью 80%

Пост	Месяцы												Сезоны			Год	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	$\sum Q$ весна	$\sum Q$ л - о	$\sum Q$ зима		
р. Оять	23,6	24,8	7,8	4,0	3,0	3,4	6,1	9,1	7,9	4,5	2,9	2,9	56,3	16,5	27,2	100	%
	125,6	131,8	41,4	21,3	15,8	18,0	32,5	48,2	41,8	23,7	15,4	15,5	298,7	87,7	144,6	531	м³/с
р. Паша	28,2	25,5	7,1	3,9	2,5	2,8	5,0	7,9	7,3	4,0	2,7	2,8	60,8	14,3	24,9	100	%
	160,9	145,4	40,4	22,4	14,4	16,1	28,6	45,2	41,6	23,0	15,6	16,2	346,7	81,6	141,7	570	м³/с
р. Шуя	9,9	25,1	13,5	6,9	4,1	3,4	5,0	7,4	8,1	6,7	5,1	4,8	48,6	19,4	32,1	100	%
	81,6	206,2	110,8	56,3	33,6	28,3	40,7	60,8	66,6	54,8	42,1	39,0	398,7	159	263,4	821	м³/с
р. Уница	13,8	37,9	8,6	3,3	2,9	4,1	7,7	8,7	5,5	3,5	2,1	2,0	60,3	18,0	21,7	100	%
	5,1	14,0	3,2	1,2	1,1	1,5	2,8	3,2	2,0	1,3	0,8	0,7	22,3	6,6	8,0	37	м³/с
р. Пола	41,3	14,6	4,9	2,7	1,7	2,8	6,7	8,4	5,9	3,8	2,2	5,0	60,8	14,0	25,2	100	%
	54,5	19,2	6,5	3,6	2,3	3,7	8,9	11,1	7,7	5,1	2,9	6,5	80,2	18,5	33,3	132	м³/с
р. Полометь	43,4	17,5	3,5	1,7	2,2	1,6	5,3	8,4	7,8	3,7	2,1	2,8	64,4	10,7	24,8	100	%
	16,5	6,7	1,3	0,6	0,8	0,6	2,0	3,2	3,0	1,4	0,8	1,1	24,5	4,1	9,4	38	м³/с
р. Луга	30,0	15,4	5,5	4,2	4,2	3,6	4,5	7,1	8,4	4,6	4,8	7,8	50,9	16,5	32,7	100	%
	40,5	20,8	7,4	5,6	5,7	4,8	6,0	9,6	11,4	6,2	6,5	10,5	68,7	22,2	44,1	135	м³/с
р. Плюсса	34,1	12,7	4,7	2,9	2,8	3,2	4,9	8,6	7,0	6,1	4,7	8,2	51,5	13,9	34,6	100	%
	31,7	11,8	4,4	2,7	2,6	3,0	4,6	8,0	6,5	5,7	4,4	7,6	47,9	12,9	32,2	93	м³/с

Таблица 5.7 – Расчет внутригодового распределения стока для маловодной группы лет за период с 80 г. обеспеченностью 80%

Пост	Месяцы												Сезоны			Год	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	$\sum Q$ весна	$\sum Q$ л - о	$\sum Q$ зима		
р. Оять	22,1	24,6	5,9	3,2	3,1	3,3	5,1	10,8	8,8	5,4	3,5	4,1	52,7	14,6	32,7	100	%
	119,4	132,4	32,1	17,0	16,8	17,6	27,5	58,4	47,5	29,1	19,0	22,2	283,9	78,9	176,2	539	м³/с
р. Паша	27,1	18,3	5,0	3,3	2,5	4,3	5,7	12,2	9,4	5,2	3,1	4,1	50,3	15,7	34,0	100	%
	183,7	123,9	33,7	22,6	16,7	28,9	38,4	82,5	63,7	34,9	21,2	27,8	341,2	107	230,2	678	м³/с
р. Шуя	10,6	25,5	13,9	6,9	4,1	3,2	4,5	7,0	7,5	6,6	5,0	5,2	49,9	18,8	31,3	100	%
	84,4	203,8	110,9	55,5	32,6	25,9	36,3	56,3	60,2	52,7	40,1	41,3	399,1	150	250,6	800	м³/с
р. Уница	17,4	33,3	9,4	3,8	2,0	3,0	5,8	7,2	5,5	6,6	2,8	3,3	60,1	14,6	25,3	100	%
	6,8	13,0	3,7	1,5	0,8	1,2	2,3	2,8	2,1	2,6	1,1	1,3	23,4	5,7	9,9	39	м³/с
р. Пола	35,3	10,9	4,2	3,9	3,8	5,3	6,1	5,3	7,9	7,7	3,3	6,2	50,3	19,2	30,5	100	%
	60,1	18,4	7,1	6,7	6,5	9,1	10,3	9,0	13,5	13,1	5,6	10,6	85,6	32,6	51,8	170	м³/с
р. Полометь	31,0	20,1	3,2	1,7	6,3	6,1	5,2	6,9	9,1	4,9	2,6	2,9	54,3	19,4	26,3	100	%
	14,2	9,2	1,5	0,8	2,9	2,8	2,4	3,2	4,2	2,2	1,2	1,3	25,0	8,9	12,1	46	м³/с
р. Луга	27,4	12,7	5,5	4,8	3,8	3,9	5,2	7,1	7,8	6,1	5,9	9,7	45,6	17,7	36,7	100	%
	41,9	19,5	8,5	7,3	5,8	6,0	7,9	10,9	11,9	9,4	9,0	14,9	69,8	27,1	56,1	153	м³/с
р. Плюсса	29,0	11,8	4,5	3,3	2,8	3,3	5,2	9,5	8,0	6,9	5,9	9,8	45,2	24,1	40,2	100	%
	27,2	11,1	4,2	3,1	2,6	3,1	4,9	8,9	7,5	6,5	5,6	9,2	42,5	22,6	37,8	94	м³/с

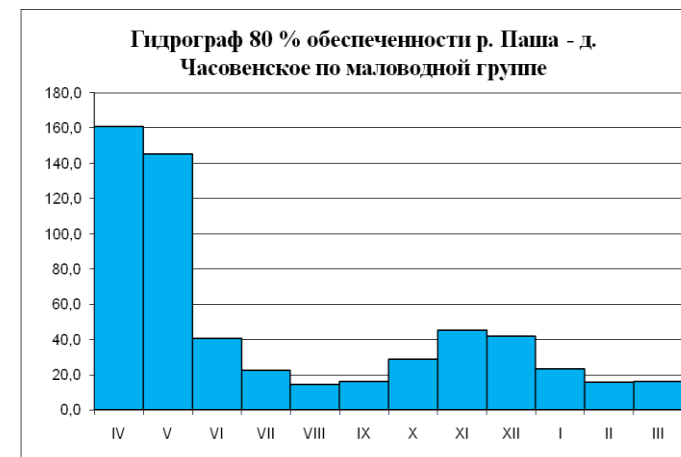
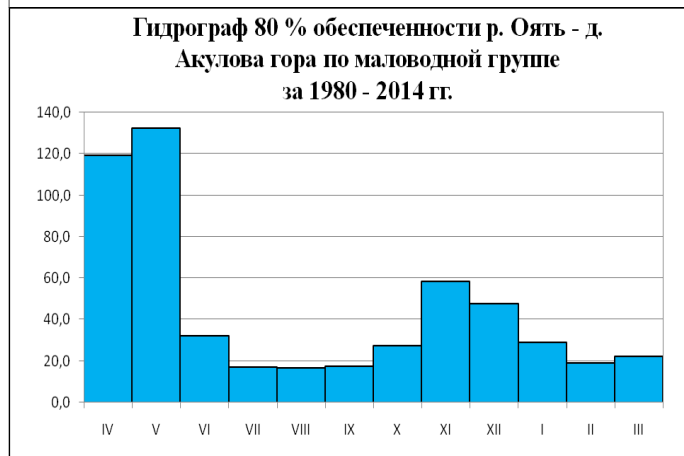
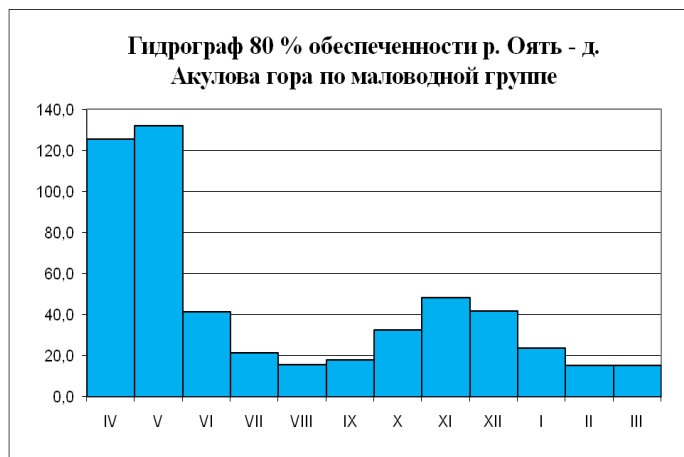


Рисунок 5.9 – Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках восточной части исследуемой территории

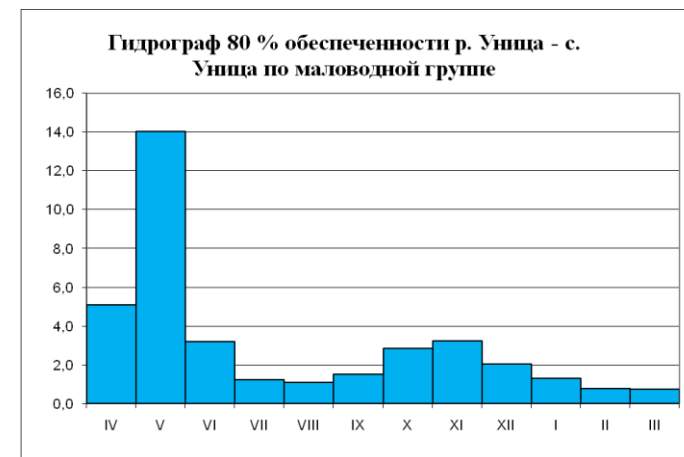
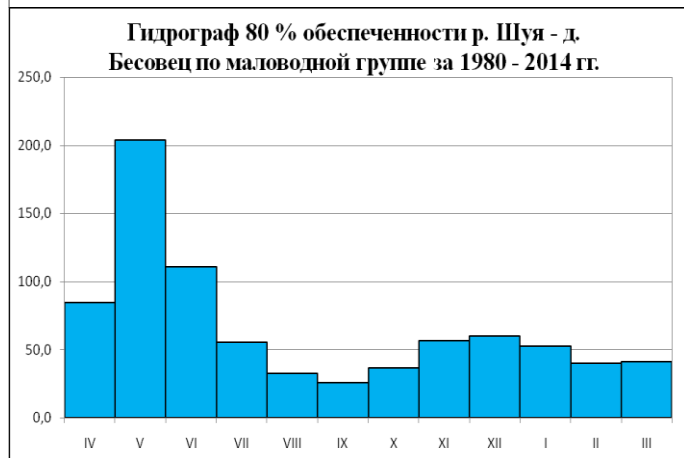


Рисунок 5.10 – Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках северной части исследуемой территории

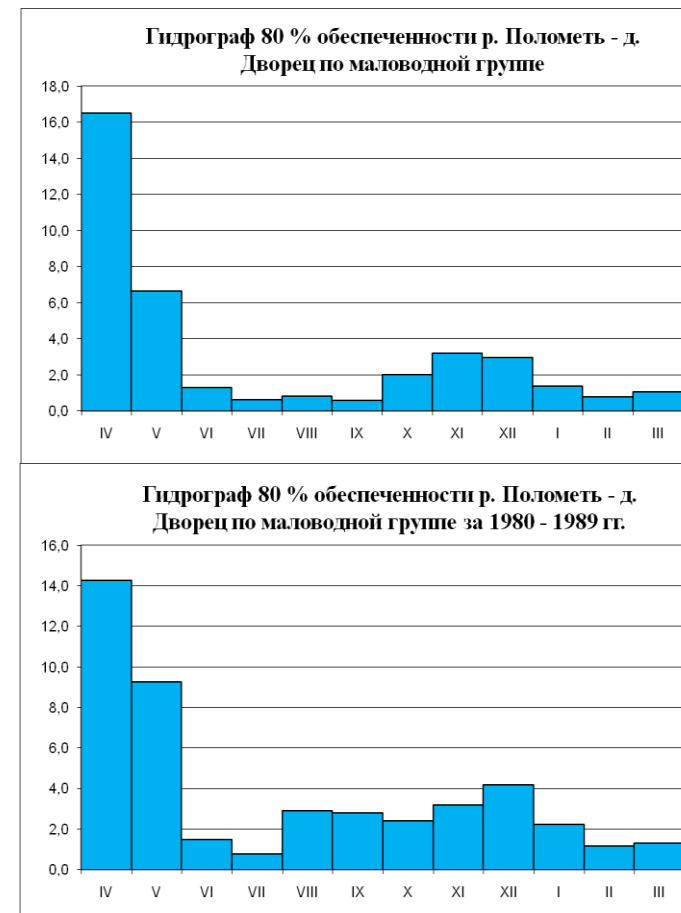
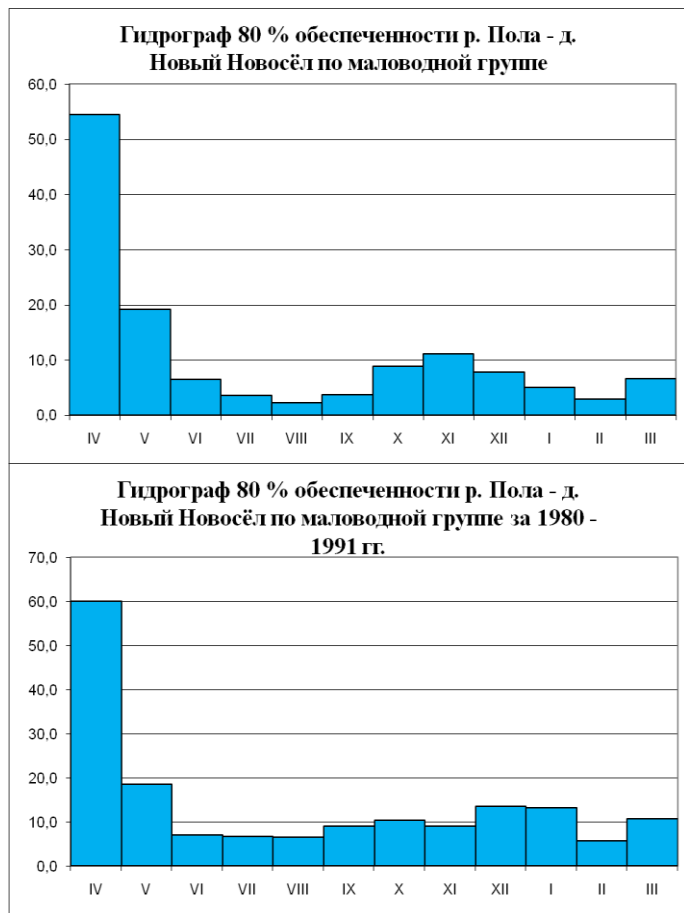


Рисунок 5.11 - Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках южной части исследуемой территории

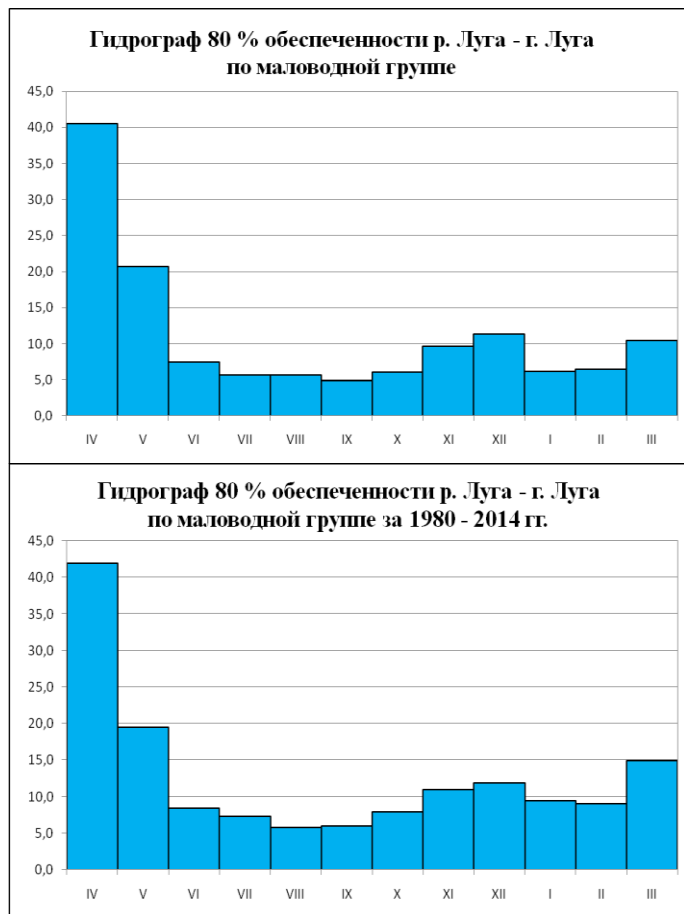


Рисунок 5.12 – Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках западной части исследуемой территории

Таблица 5.8 – Расчет внутригодового распределения стока для групп средней водности лет за весь период наблюдений обеспеченностью 80%

Пост	Месяцы												Сезоны			Год	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	$\sum Q$ весна	$\sum Q$ л - о	$\sum Q$ зима		
р. Оять	17,5	26,2	6,8	4,2	4,1	5,0	8,6	10,1	5,8	4,5	3,2	3,8	50,5	22,0	27,5	100	%
	92,8	139,1	36,3	22,4	22,0	26,8	45,6	53,6	31,0	24,1	17,1	20,2	268,2	117	146,0	531	м³/с
р. Паша	22,9	26,4	6,1	3,8	4,7	5,1	7,7	10,2	5,1	3,1	2,1	2,7	55,4	21,4	23,2	100	%
	130,8	150,3	34,6	21,8	26,9	29,2	43,8	58,3	28,9	17,7	11,9	15,7	315,8	122	132,5	570	м³/с
р. Шуя	10,5	23,0	11,7	5,9	4,8	5,6	7,2	9,2	7,4	6,0	4,7	4,1	45,2	23,4	31,4	100	%
	86,4	188,9	95,7	48,1	39,3	46,1	58,9	75,2	61,1	49,2	38,3	33,8	371,0	192	257,6	821	м³/с
р. Уница	10,9	35,8	9,1	3,4	3,5	5,3	8,4	7,8	6,8	4,4	2,5	2,0	55,8	20,7	23,5	100	%
	4,0	13,3	3,3	1,3	1,3	2,0	3,1	2,9	2,5	1,6	0,9	0,7	20,6	7,7	8,7	37	м³/с
р. Пола	38,1	13,0	2,7	3,7	4,2	6,0	6,9	7,1	6,1	4,2	2,5	5,6	53,7	20,8	25,5	100	%
	50,2	17,2	3,5	4,8	5,5	8,0	9,0	9,4	8,0	5,6	3,3	7,4	70,9	27,4	33,7	132	м³/с
р. Полометь	33,4	18,3	4,8	3,6	2,7	4,6	8,3	9,9	6,0	3,1	2,3	3,2	56,5	19,1	24,4	100	%
	12,7	7,0	1,8	1,4	1,0	1,7	3,1	3,8	2,3	1,2	0,9	1,2	21,5	7,3	9,3	38	м³/с
р. Луга	33,6	16,9	5,9	3,4	3,2	3,4	5,0	6,5	5,3	6,2	4,5	6,0	56,4	15,0	28,5	100	%
	45,4	22,8	8,0	4,6	4,3	4,5	6,8	8,8	7,2	8,4	6,1	8,1	76,2	20,3	38,5	135	м³/с
р. Плюсса	37,7	13,8	5,2	3,6	3,7	3,1	4,0	6,2	6,7	5,9	3,6	6,4	56,7	14,5	28,9	100	%
	35,0	12,8	4,8	3,3	3,5	2,9	3,7	5,8	6,3	5,5	3,4	5,9	52,7	13,5	26,8	93	м³/с

Таблица 5.9 – Расчет внутригодового распределения стока для групп средней водности лет за период с 80 г. обеспеченностью 80%

Пост	Месяцы												Сезоны			Год	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	$\sum Q$ весна	$\sum Q$ л - о	$\sum Q$ зима		
р. Оять	18,1	23,4	6,3	4,5	3,8	5,6	8,7	9,7	6,0	5,4	3,6	4,9	47,8	22,5	29,7	100	%
	97,6	126,2	33,8	24,3	20,3	30,3	46,7	52,5	32,3	29,3	19,5	26,3	257,6	122	160	539	м ³ /с
р. Паша	24,8	22,5	5,0	3,1	3,5	4,6	7,7	10,7	7,5	4,1	2,7	3,8	52,3	18,9	28,8	100	%
	168,4	152,4	33,9	20,8	23,7	31,2	52,2	72,6	50,7	27,6	18,6	25,8	354,7	128	195	678	м ³ /с
р. Шуя	10,7	24,5	12,4	5,7	4,1	4,9	6,2	9,0	8,6	6,0	4,4	3,7	47,6	20,9	31,5	100	%
	85,6	196,3	98,9	45,5	32,9	39,0	49,5	72,0	68,5	47,6	34,9	29,2	380,8	167	252	800	м ³ /с
р. Уница	14,2	32,6	8,1	3,6	3,5	5,2	8,8	7,8	7,6	4,1	2,4	2,0	55,0	21,1	23,9	100	%
	5,5	12,7	3,2	1,4	1,4	2,0	3,4	3,0	3,0	1,6	0,9	0,8	21,4	8,2	9,3	39	м ³ /с
р. Пола	25,2	9,8	5,7	3,4	5,8	5,6	8,2	11,0	4,8	4,7	7,1	8,8	40,7	23,0	36,4	100	%
	42,8	16,6	9,7	5,8	9,8	9,5	14,0	18,7	8,1	8,0	12,1	14,9	69,1	39,1	61,8	170	м ³ /с
р. Полометь	28,4	11,4	3,8	2,9	4,8	4,4	9,6	9,9	5,5	6,1	5,7	7,4	43,7	21,7	34,6	100	%
	13,1	5,3	1,8	1,3	2,2	2,0	4,4	4,6	2,5	2,8	2,6	3,4	20,1	10,0	15,9	46	м ³ /с
р. Луга	30,0	15,4	6,3	3,4	3,8	4,1	4,8	6,5	6,0	6,2	5,9	7,7	51,6	16,1	32,3	100	%
	45,8	23,5	9,6	5,2	5,9	6,3	7,4	10,0	9,1	9,5	9,1	11,7	78,9	24,7	49,4	153	м ³ /с
р. Плюсса	37,4	11,7	5,6	2,9	2,8	3,3	4,4	7,4	6,2	7,4	3,8	7,1	54,7	20,9	31,9	100	%
	35,1	11,0	5,3	2,7	2,6	3,1	4,2	7,0	5,8	7,0	3,5	6,7	51,4	19,6	30,0	94	м ³ /с

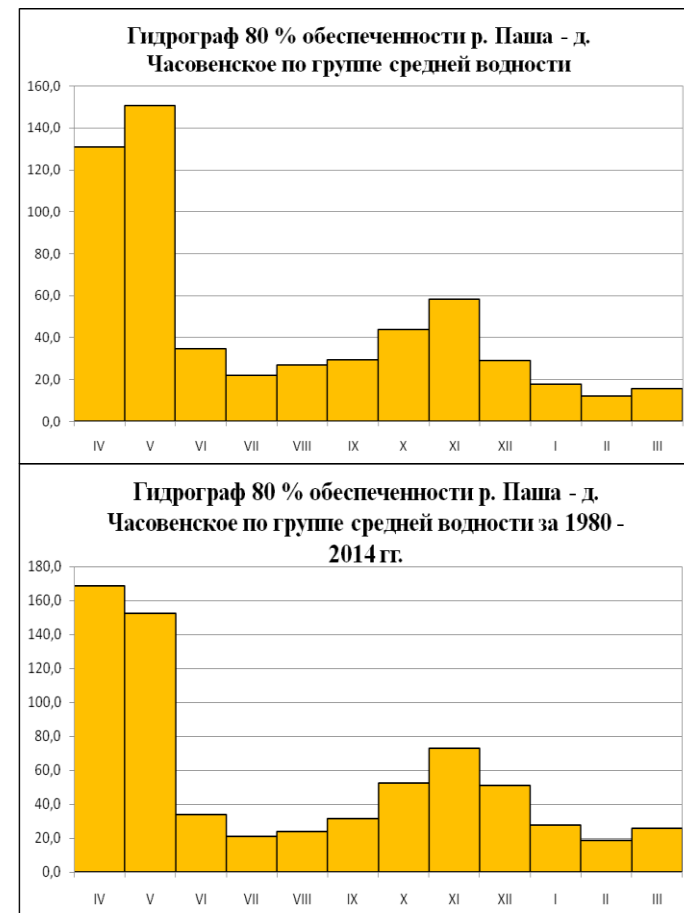
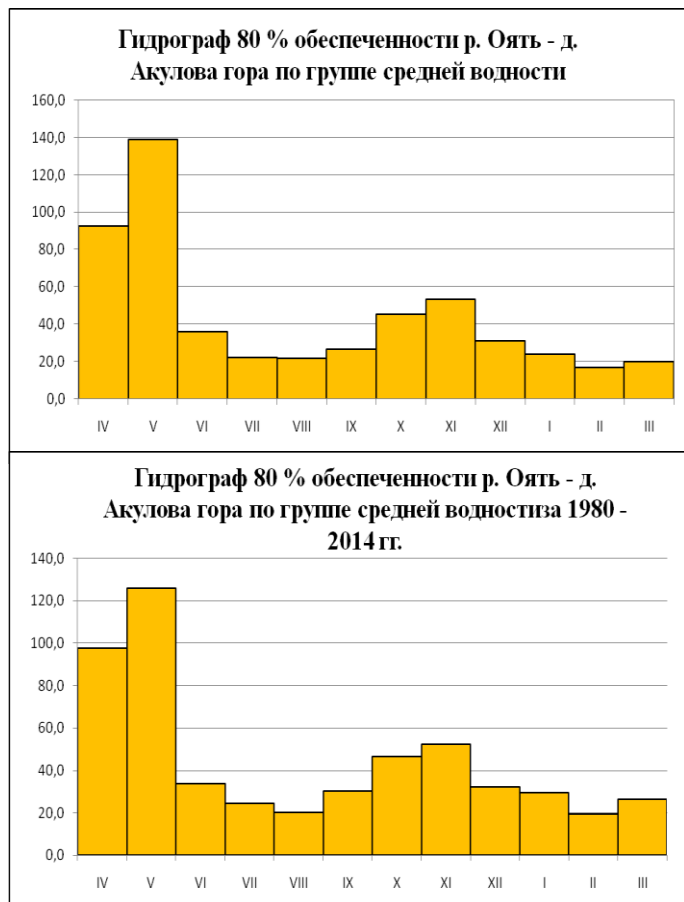


Рисунок 5.13 – Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках восточной части исследуемой территории

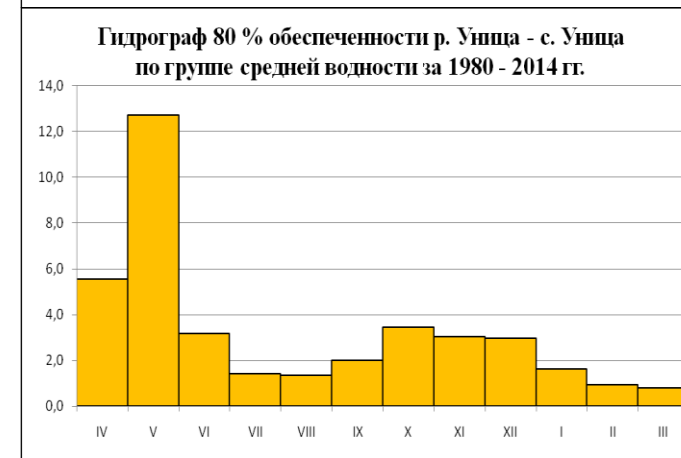
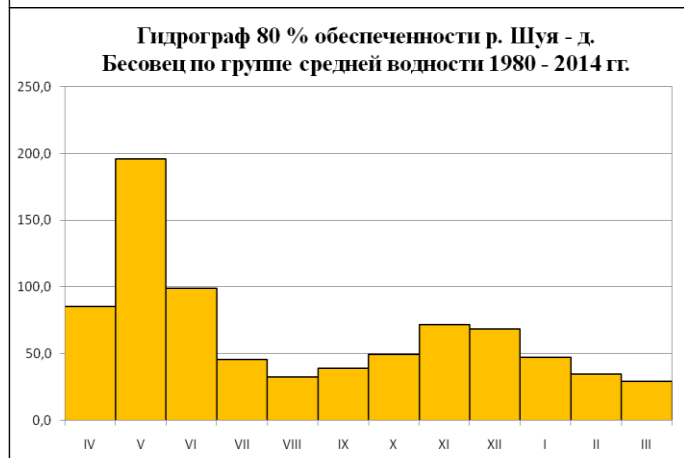
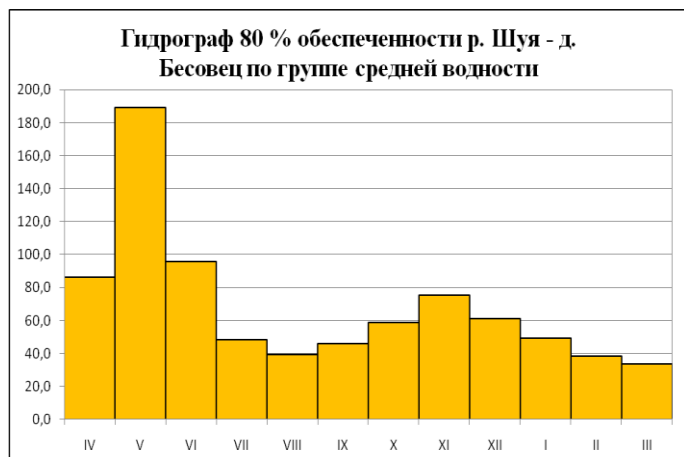


Рисунок 5.14 – Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках северной части исследуемой территории

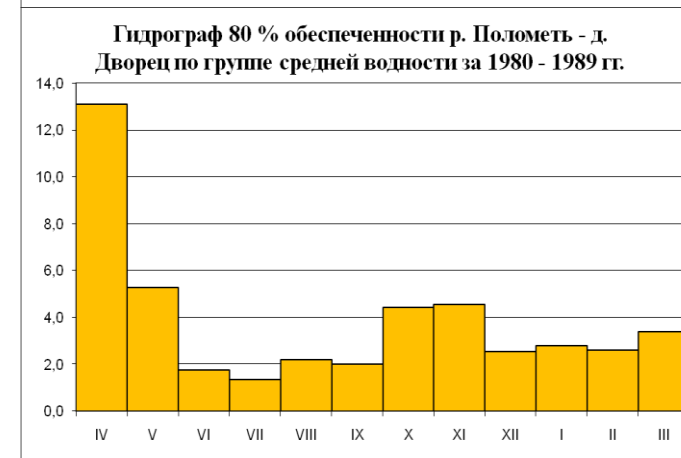
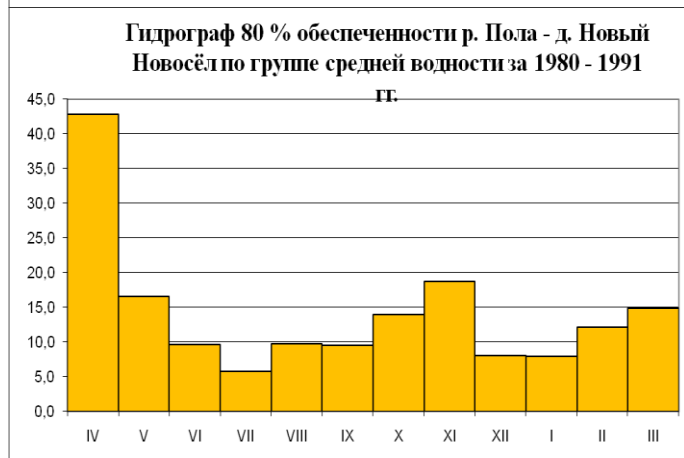


Рисунок 5.15 – Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках южной части исследуемой территории

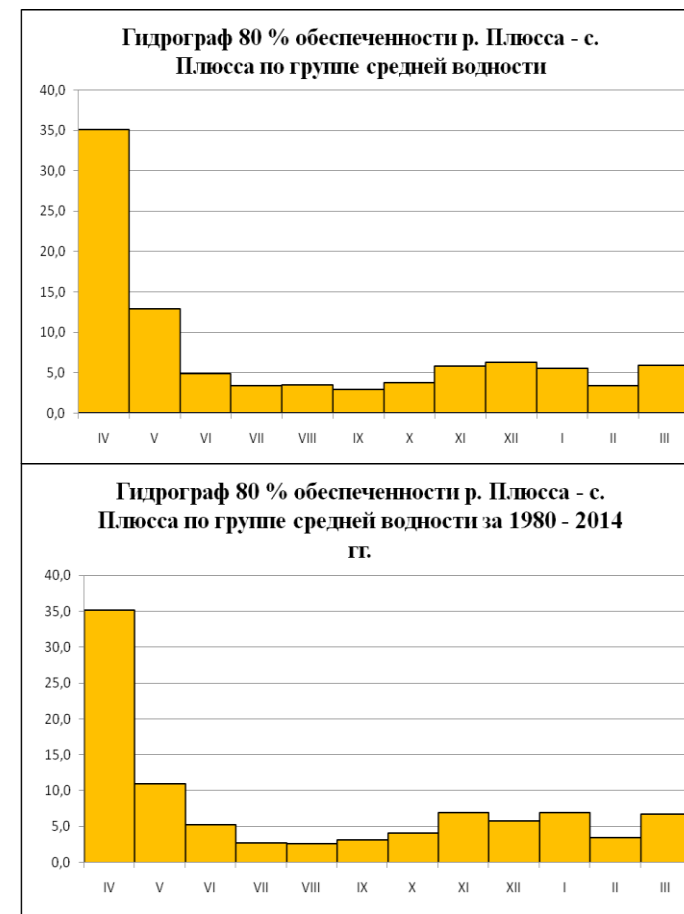
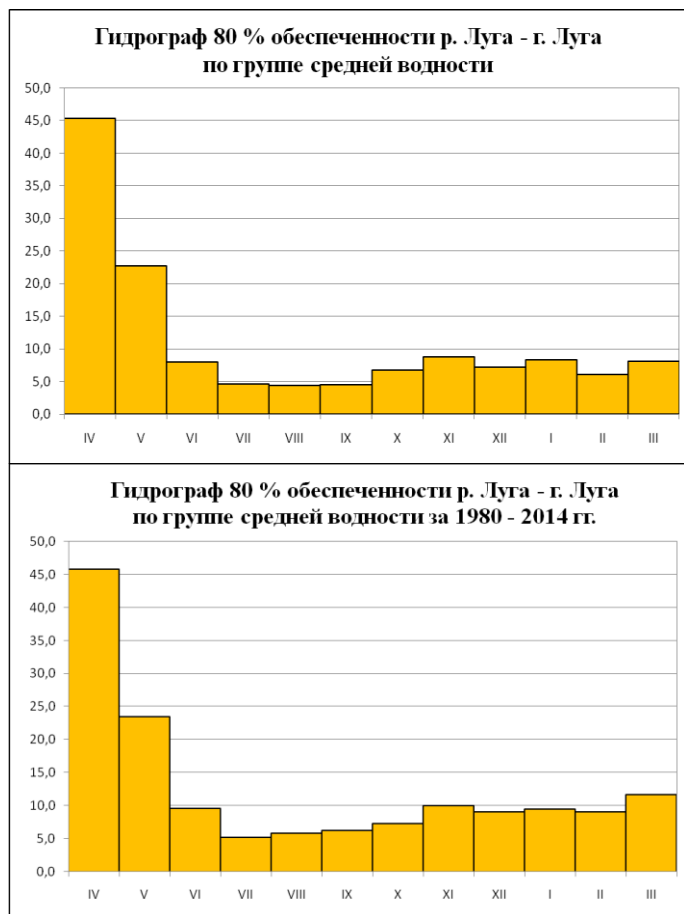


Рисунок 5.16 – Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках западной части исследуемой территории

Таблица 5.10 – Расчет внутригодового распределения стока для многолетней группы лет за весь период наблюдений обеспеченностью 80%

Пост	Месяцы												Сезоны			Год	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	$\sum Q$ весна	$\sum Q$ л - о	$\sum Q$ зима		
р. Оять	18,7	23,5	6,7	5,5	5,2	7,0	10,5	8,7	6,1	3,0	2,5	2,7	48,9	28,2	23,0	100	%
	99,2	124,9	35,4	28,9	27,8	37,3	55,5	46,2	32,5	15,9	13,1	14,3	259,5	150	122,0	531	м ³ /с
р. Паша	25,0	18,8	5,4	4,2	4,0	5,4	10,5	9,6	6,3	3,5	3,0	4,4	49,2	24,2	26,7	100	%
	142,3	107,1	30,8	24,0	22,9	30,9	59,9	54,6	35,6	19,9	16,9	25,1	280,2	138	152,1	570	м ³ /с
р. Шуя	6,8	22,5	13,0	8,1	7,0	7,4	7,9	9,0	6,8	4,4	3,7	3,4	42,3	30,4	27,3	100	%
	56,0	184,9	106,4	66,4	57,3	61,1	64,5	74,0	55,8	36,4	30,1	28,1	347,3	249	224,4	821	м ³ /с
р. Уница	13,4	30,0	7,1	6,4	5,5	6,3	9,6	9,5	5,4	3,2	1,9	1,6	50,6	27,8	21,6	100	%
	5,0	11,1	2,6	2,4	2,0	2,3	3,6	3,5	2,0	1,2	0,7	0,6	18,7	10,3	8,0	37	м ³ /с
р. Пола	25,4	11,5	7,4	6,3	7,0	7,6	8,8	7,4	5,4	2,5	4,4	6,3	44,4	29,7	26,0	100	%
	33,5	15,2	9,8	8,3	9,3	10,0	11,6	9,8	7,2	3,2	5,8	8,3	58,5	39,2	34,3	132	м ³ /с
р. Полометь	27,6	15,7	6,3	4,5	6,2	6,8	10,1	7,4	6,1	3,1	2,8	3,2	49,7	27,6	22,7	100	%
	10,5	6,0	2,4	1,7	2,4	2,6	3,8	2,8	2,3	1,2	1,1	1,2	18,9	10,5	8,6	38	м ³ /с
р. Луга	28,0	16,6	5,1	4,0	4,1	5,4	6,7	6,8	5,9	4,6	5,1	7,6	49,8	20,2	30,0	100	%
	37,8	22,4	6,9	5,4	5,5	7,2	9,1	9,1	8,0	6,2	6,9	10,3	67,2	27,3	40,5	135	м ³ /с
р. Плюсса	27,4	13,9	5,0	3,9	4,7	6,6	8,7	9,0	5,9	2,9	4,8	7,3	46,4	23,8	29,8	100	%
	25,5	12,9	4,7	3,6	4,3	6,2	8,1	8,4	5,5	2,7	4,4	6,8	43,1	22,1	27,7	93	м ³ /с

Таблица 5.11 – Расчет внутригодового распределения стока для многолетней группы лет за период с 80 г. обеспеченностью 80%

Пост	Месяцы												Сезоны			Год	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	$\sum Q$ весна	$\sum Q$ л - о	$\sum Q$ зима		
р. Оять	22,9	18,6	6,1	5,2	4,4	5,6	9,8	8,7	6,6	3,2	3,6	5,2	47,6	25,1	27,3	100	%
	123,6	100,3	32,8	28,1	24,0	30,0	53,1	46,9	35,5	17,4	19,2	28,2	256,7	135	147,2	539	м ³ /с
р. Паша	26,1	15,3	5,4	4,7	3,9	4,9	9,2	10,1	6,7	3,7	3,6	6,4	46,8	22,8	30,4	100	%
	176,9	103,9	36,5	31,8	26,7	33,2	62,6	68,7	45,1	24,9	24,4	43,2	317,3	154	206,4	678	м ³ /с
р. Шуя	6,8	21,2	13,0	7,9	6,8	8,1	8,1	9,2	7,1	4,8	3,7	3,4	41,0	30,9	28,1	100	%
	54,0	169,9	103,7	63,5	54,3	64,6	65,1	73,4	56,5	38,1	29,8	27,1	327,6	248	224,9	800	м ³ /с
р. Уница	12,8	28,4	7,9	6,1	6,4	5,2	8,9	10,4	6,4	3,5	2,3	1,8	49,1	26,6	24,3	100	%
	5,0	11,1	3,1	2,4	2,5	2,0	3,5	4,0	2,5	1,4	0,9	0,7	19,1	10,4	9,5	39	м ³ /с
р. Пола	17,2	10,6	6,7	5,9	8,8	10,9	9,1	5,9	5,9	2,5	5,9	10,7	34,5	34,7	30,8	100	%
	29,3	18,0	11,3	10,0	15,0	18,5	15,5	10,0	10,0	4,2	10,1	18,1	58,6	58,9	52,4	170	м ³ /с
р. Полометь	21,3	22,0	4,6	4,9	4,6	9,3	10,6	7,4	6,7	3,8	2,2	2,5	47,9	29,4	22,6	100	%
	9,8	10,1	2,1	2,3	2,1	4,3	4,9	3,4	3,1	1,7	1,0	1,2	22,1	13,5	10,4	46	м ³ /с
р. Луга	27,0	13,0	5,0	4,4	4,7	4,7	5,9	6,0	5,8	5,6	7,0	10,8	45,0	19,8	35,2	100	%
	41,4	19,9	7,6	6,7	7,2	7,2	9,1	9,2	8,9	8,6	10,7	16,6	68,8	30,2	53,9	153	м ³ /с
р. Плюсса	24,1	9,7	5,5	3,8	5,8	6,9	8,6	8,4	6,0	3,2	6,7	11,3	39,3	33,5	35,6	100	%
	22,7	9,1	5,2	3,6	5,5	6,5	8,1	7,9	5,6	3,0	6,3	10,6	36,9	31,5	33,4	94	м ³ /с

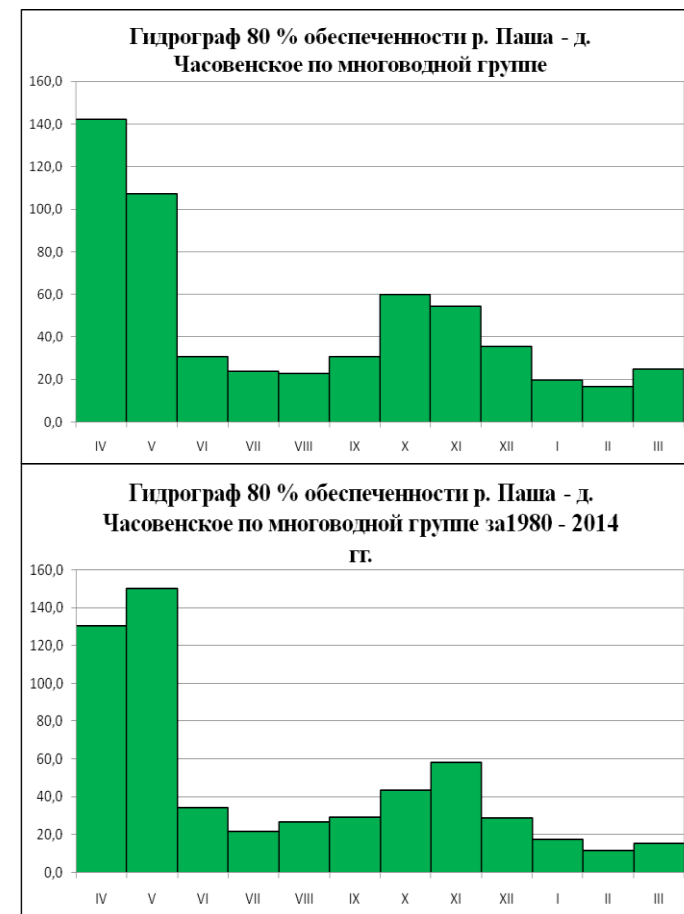
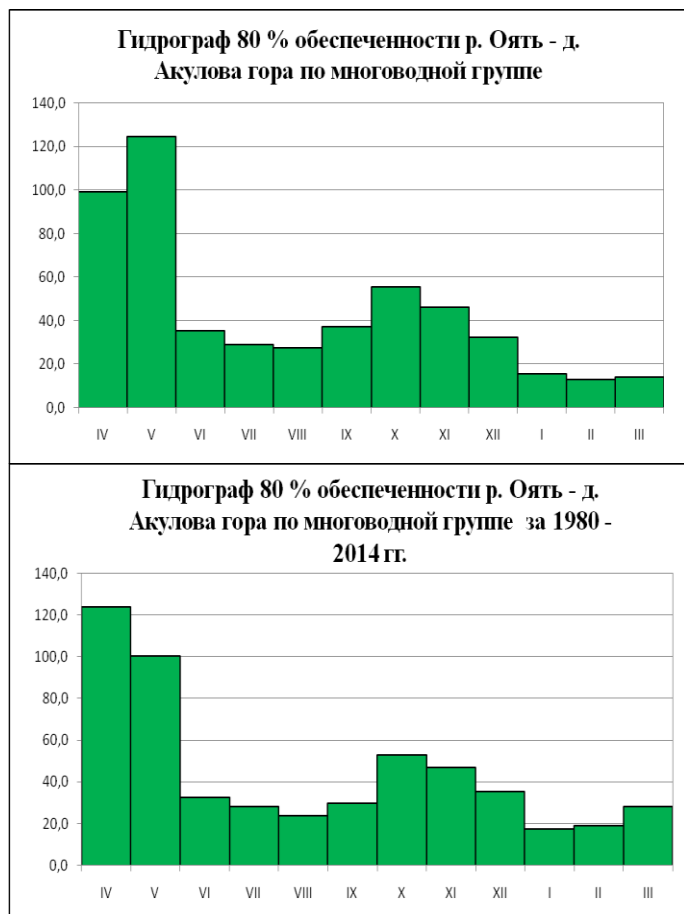


Рисунок 5.17 – Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках восточной части исследуемой территории

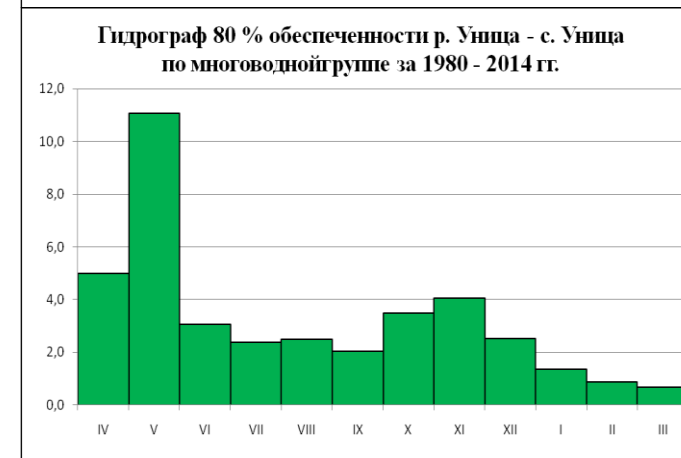
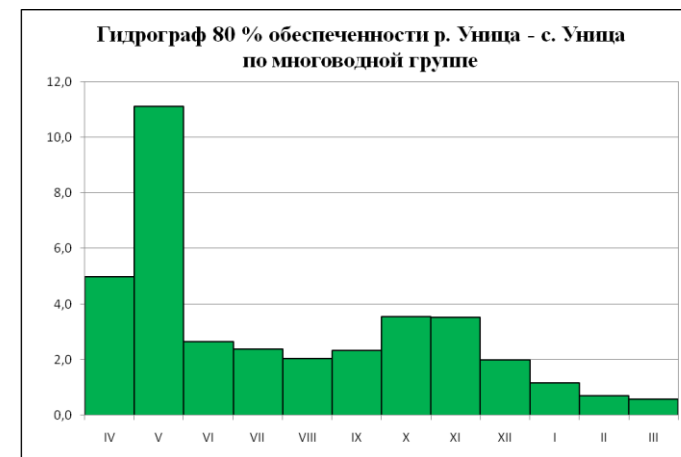
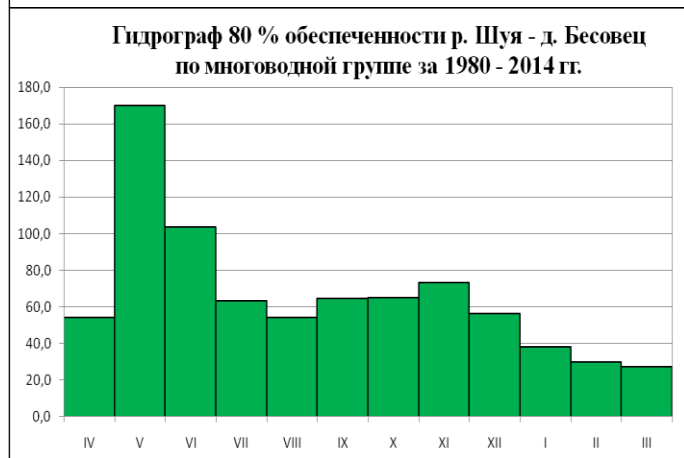
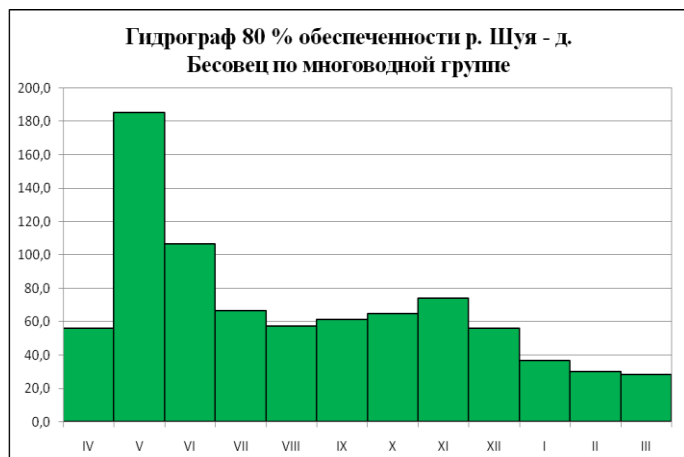


Рисунок 5.18 – Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках северной части исследуемой территории

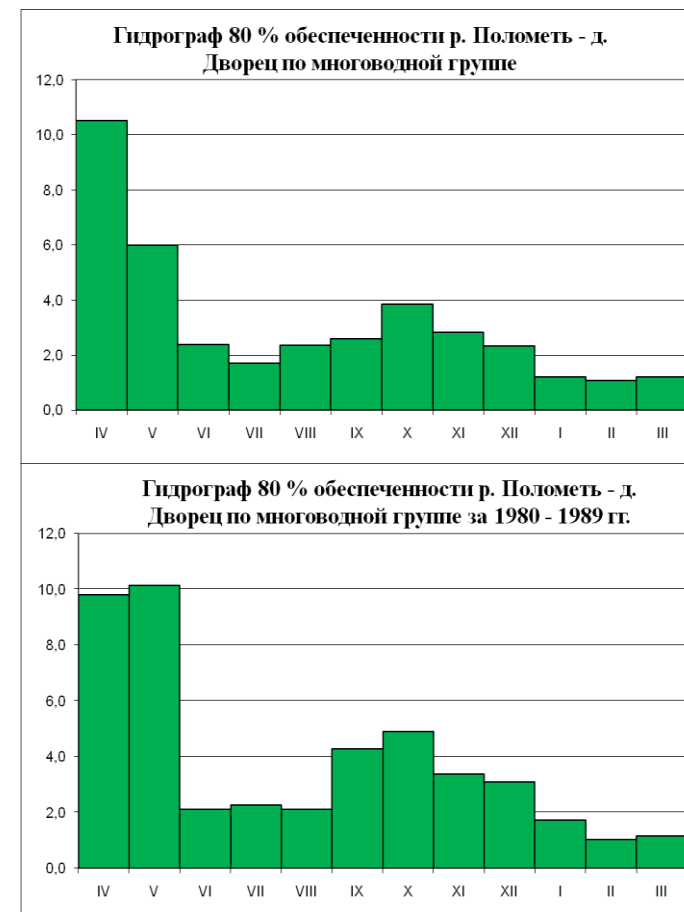
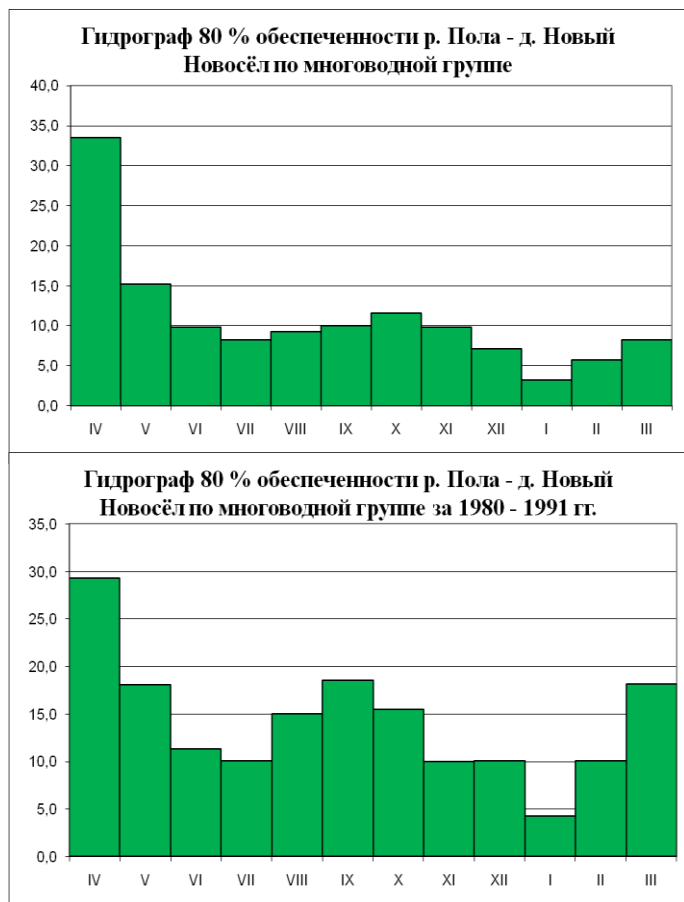


Рисунок 5.19 – Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках южной части исследуемой территории

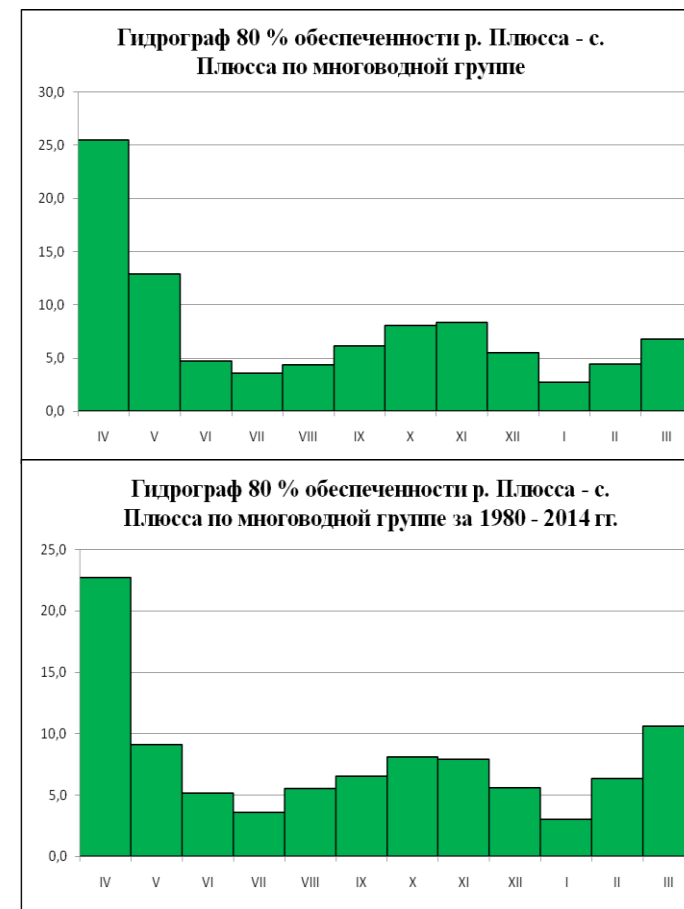
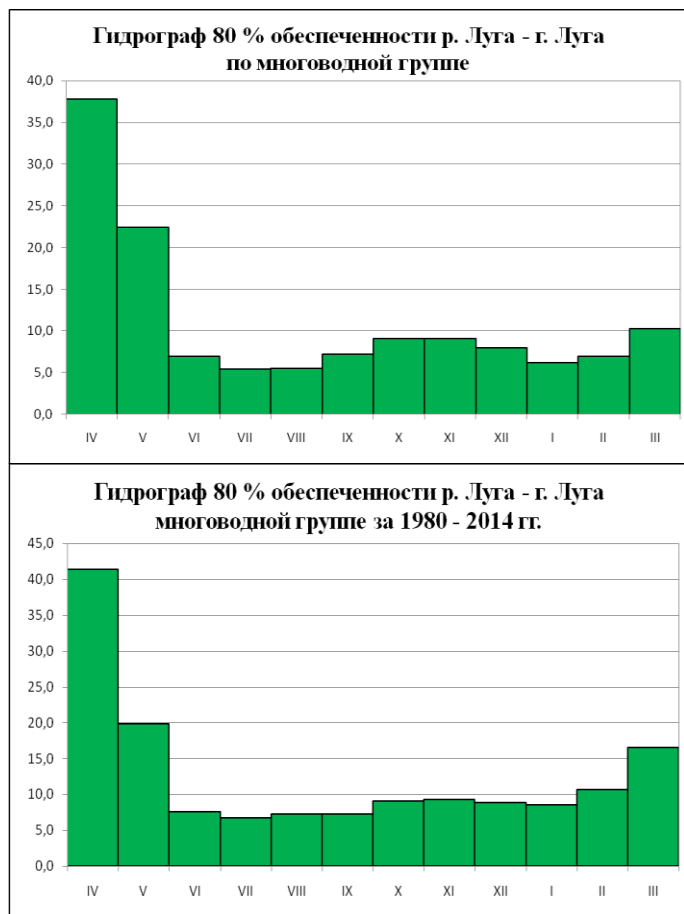


Рисунок 5.20 – Расчетные гидрографы внутригодового распределения стока на реках западной части исследуемой территории

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной работе дана количественная оценка изменения внутригодового распределения стока на реках СЗ России, связанного с изменением климатических характеристик, наблюдающихся с середины 70-х годов и выраженных в северо-западной части РФ главным образом в увеличении температуры воздуха в холодный период года.

Расчет внутригодового распределения стока проводился методом среднего распределения за годы характерной градации водности для трех групп: маловодной, многоводной и средней. Расчеты выполнены для восьми гидрологических постов, равномерно расположенных по территории на реках, бассейны которых располагаются в северной, восточной, южной и западной её частях: Шуе, Унице, Паше, Ояти, Поле, Поломети, Плюссе и Луге.

Климатические характеристики: суммарные осадки и температура воздуха рассматривались за год, теплый и холодный периоды года по четырем метеостанциям: Петрозаводск, Тихвин, Валдай и Кингисепп.

В работе сделан вывод о том, что наибольшее изменение во внутригодовом распределении стока произошло на реках восточной части территории для маловодной группы лет. Сток за лимитирующий сезон года увеличился на 10 %, а за не лимитирующий период соответственно на 10 % уменьшился.

На юге территории также отмечается уменьшение на 10 % стока в не лимитирующий период, но при этом сток увеличился как в не лимитирующий, так и в лимитирующий сезоны соответственно на 7 % и 3 %.

В западной части перераспределение стока составило лишь 5 % в сторону увеличения в лимитирующий сезон и уменьшения в не лимитирующий период.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 368 с.
- 2 Гидрологические ежегодники. Т.1. Вып. 5. Карелия и Северо – Запад. – Л.: Гидрометеиздат, 1920 – 2014 гг.
- 3 Ресурсы поверхностных вод СССР. Монография. Т.2. Ч.1. Карелия и Северо – Запад. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 700 с.
- 4 Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. – СПб: 2007. – 279 с.
- 5 СП 33-101-2003. Определение основных расчётных гидрологических характеристик – М.: изд. Госстрой РФ, 2004. – 72 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ