



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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Внутригодовое распределение
стока рек бассейна Белого моря**

Исполнитель **Краснова Мария Александровна**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель **К.Г.Н., ДОЦЕНТ**
(ученая степень, ученое звание)

Сикан Александр Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

Консультант _____
(ученая степень, ученое звание)

Винокуров Игорь Олегович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

К.Т.Н., ДОЦЕНТ
(ученая степень, ученое звание)

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«6» июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Содержание

Введение	3
1 Физико-географическое описание района исследования	4
1.1 Географическое положение	4
1.2 Геологическое строение и рельеф	5
1.3 Растительность	9
1.4 Почвенный покров	11
1.5 Гидрография	12
2 Климатическая характеристика района	14
2.1 Современное состояние климата	16
3 Внутригодовое распределение стока	27
3.1 Методы расчета внутригодового распределения стока	31
4 Расчет внутригодового распределения стока исследуемых рек	37
4.1 Исходные данные для расчета	37
4.2 Анализ исходных данных и обоснование границ водохозяйственного года	38
4.3 Расчет внутригодового распределения стока рек Кольского полуострова	45
4.4 Расчет внутригодового распределения стока рек Северного края	51
4.5 Анализ внутригодового распределения стока в современный период	60
Заключение	70
Список использованных источников	71

Введение

Гидрологические расчёты являются одной из основных важнейших составляющих раздела гидрологии.

Внутригодовое распределение стока является одной из проблем современной гидрологии. Учет изменчивости внутригодового распределения возникает на этапах различного планирования мероприятий по улучшению экологического состояния рек, при проектировании гидротехнических сооружений и строительстве, при рационализации использования водных ресурсов в определенный период года.

В большинстве случаев внутригодовым режимом стока определяются основные параметры необходимые для водохозяйственного предприятия.

В данное время является актуальным применение гидрологических расчетов, расчета внутригодового распределения стока с целью обнаружения влияния антропогенного воздействия и потепления климата, так как эти два фактора влияют на изменение гидрологического режима рек.

Целью выпускной квалификационной работы является изучение и расчет внутригодового распределения стока рек бассейна Белого моря.

1 Физико-географическое описание района исследования

1.1 Географическое положение

Районом исследования является водосбор Белого моря, который можно подразделить на две части, которые относятся к территории Кольского полуострова и Северного края России.



Рисунок 1.1 – Географическая карта района исследования

Кольский полуостров расположен на крайнем северо-западе Европейской территории России. Омываются Баренцевым морем северные берега и юго-восточные границы образуются Белым морем. На данной территории расположена Мурманская область, которая в свою очередь граничит с Норвегией и Финляндией на севере, на юге с республикой Карелия. Площадь территории 130000 км². Реки Варзуга, Умба и Поной протекают на Кольском полуострове и впадают в Белое море.

Северный край находится на северо-восточной части России, омывается на севере Белым и Баренцевым морями. Реки Сояна, Пёза и Большая Лоптюга протекают на севере данной территории и впадают в Белое море. Простирается на 650-700 км в меридиональном направлении и на 1000 км в широтном направлении. Включает в себя несколько областей, таких как Архангельская область, Ненецкий автономный округ, республику Коми, часть Вологодской и Кировской областей.

1.2 Геологическое строение и рельеф

Кольский полуостров находится на северо-восточной окраине Балтийского щита, в геологическом строении которого принимают участие архейские и протерозойские породы (граниты, гнейсы, кристаллические сланцы, диориты, диабазы, а также комплекс вулканогенных пород).

Архейские кристаллические породы обнаружены в пределах всей Лапландско-Кольско-Карельской провинции, образованной процессами горообразования. К наиболее крупным структурам, контактирующим по зонам глубинных тектонических разломов и сложенным преимущественно позднеархейскими кристаллическими породами, относятся Мурманский, Кольский, Беломорский, Карельский, Терский, Кейвский, Инари блоки (домены).

Особенности Кольских зеленокаменных поясов заключаются в их очень интенсивном метаморфизме (до гранулитовой фации) и глубокой эрозии. Более древние породы архея в Кольском регионе пока не известны, хотя южнее, в Феннокарелии, палеоархейские образования (до 3.6 млрд. лет), включая гранулиты, в виде нуклеусов небольших размеров установлены. Наличие в средне-нижней части земной коры архейских гранулитов повышает перспективы Финляндии и Кольского полуострова на обнаружение промышленных алмазоносных кимберлитов.

В Кольско-Лапландском регионе однотипные расслоенные интрузивы и месторождения слагают два протяженных пояса – Фенно-Карельский и Кольский, в каждом из которых сейчас известен ряд различных промышленно рудоносных объектов. Для обоих этих поясов и слагающих их интрузивных массивов характерны одни и те же индикаторные особенности.

Некоторыми особенностями рельефа Кольского полуострова являются разломы и трещины кристаллического щита. Рельеф полуострова носит также следы мощного воздействия ледников, сгладивших вершины гор и оставивших большое количество валунов и моренных отложений.

Северное побережье Кольского п-ова обрывистое, расчлененное фьордами (Кольский, Мотовский заливы и др.), полуостровами (п-ова Рыбачий, Средний), с многочисленными мелкими и крупными островами (о. Колгуев). Вдоль восточного и южного побережий — низменные территории.

Рельеф отличается большой пересеченностью, представляя собой систему впадин и возвышенностей, сглаженных действием ледника. Крупнейшие горные массивы на Кольском п-ове: Хибинские тундры (Хибины), Ловозерские тундры, Кейвы, Чунатундра, Мончетундра, Волчья и Сальные тундры. Самая высокая точка Кольского п-ова — г. Юдычвумчорр (Хибины) — находится на высоте 1208 м над уровнем моря.

Современный рельеф представляет собой холмистую равнину с абсолютными отметками от 200 до 300 м. По характеру рельефа полуостров можно разделить на западную и восточную части. Граница между ними проходит через долину реки Вороньей, Ловозеро, Умбозеро и долину реки Умбы. Западная часть характеризуется горным рельефом с амплитудами относительных высот более 1000 м. Крупная Кольская депрессия, представлена цепью низменностей, сильно заболоченных и прерываемых невысокими холмами и грядами. Юго-восточная часть представляет собой равнинный рельеф с абсолютными высотами менее 200 м, имеет незначительный уклон к югу, приморские части террасированы.

Рельеф Северного края преимущественно равнинный, имеются чередования с невысокими плато, большую площадь в сторону побережья занимают низменности. Возвышенные равнины приурочены к водораздельным участкам междуречий. Чем дальше от морского побережья, тем эти участки обширнее. Поверхность Северного края понижается с юга на север, что и определяет общее направление речного стока – к Белому и Баренцевому морям. Возвышенные равнины и поверхность плато пересекаются сетью речных долин. Имеется преобладание платформенных структур, осадочный чехол древних платформ и в областях докайнозойской складчатости. Рядом расположен Тиманский кряж.

Ветреный Пояс и Тиман занимают небольшую часть территории и по высотам мало отличаются от ближайших возвышенных равнин. Ветреный пояс заходит в пределы края своей юго-восточной оконечностью. С ним связано изменение направления течения р.Онеги с меридионального на юго-западное.

Тиман с его продолжением на северной оконечности п-ва Канин хребтом Паэ, оказывает влияние на климатические и гидрологические условия края. По площади он может сравниться с крупным плато, а по абсолютной отметке превосходит их, так как средняя высота 190 м, отдельные гряды и вершины в средней части Тимана достигают 350-450 м. Тиман делит территорию Северного края на две неравные части и является водоразделом между р. Печорой с одной стороны и реками Северной Двиной и Мезенью – с другой.

Тиманский хребет состоит из отдельных лесистых гряд и плосковершинных возвышенностей-парм. Водораздельное его значение весьма условно. Положение Тимана на пути господствующего переноса влаги с запада и юго-запада придает ему характер значительного орографического барьера, существенно влияющего на распределение осадков и стока воды.

Уральские горы представляют собой гигантскую стену и являются преградой для западных воздушных потоков, задерживающую большую часть их влаги и обеспечивающую очень высокую водность рек, стекающих с западного склона Урала.

Речная сеть здесь приспособлена к куливному строению. Основные горные реки – верхняя Печора, Унья, Илыч, Щугор, Косью, Кожим и другие – текут в широких межгорных долинах, днища которых представляют собой трюги, а мелкие их притоки спускаются со склонов хребтов по дну узких эрозионных долин.

Геологическое строение Северного края в пределах его равнинной части характеризуется преобладанием платформенных структур и глубоким залеганием кристаллического фундамента, сформированного в архее и протерозое и перекрытого мощными толщами осадочных отложений. Несмотря на глубокое погружение фундамента особенности его строения – глыбовая структура и разломы – определяют характер чередования низменностей и плато, а также направление течения основных рек.

Осадочные отложения, перекрывающие фундамент, в верхнем своем горизонте, к западу от Тимана, в основном относятся к перми, триасу и юре, а восточнее – к юрской, меловой и четвертичной системе. На северо-западной окраине, где фундамент близок к земной поверхности, преобладают отложения более ранних систем – доордовикские и каменноугольные.

С известняками каменноугольной системы, залегающими вблизи дневной поверхности, сильно трещиноватыми, кавернозными и пещеристыми, связано карстопоявление, выражающееся в образовании специфических микроформ рельефа и заметно влияющее на режим подземных вод и поверхностных вод. Еще в более явной форме обнаруживает себя карст, связанными с гипсами и гипсоносными толщами перми (бассейны рек Мехреньги, Пукшеньги и Кулоя)[1,2].

1.3 Растительность

Растительность на Кольском полуострове подразделяется на три зоны: тундровую, лесотундровую и лесную. Зона тундры занимает прибрежную полосу шириной 30–60 км на севере и северо-востоке полуострова. Основная растительность здесь – мхи, лишайники, стелющиеся разновидности карликовой березы и ивы. Древесные кустарники встречаются по долинам крупных рек.

Лесотундровая зона тянется полосой от 10 до 60 км южнее тундры. Характерной растительностью данной зоны является березовое криволесье с примесью ели и низкорослой сосны. В большом количестве распространены в этой части разнообразные виды кустарников и мхов. В относительно сухих местах ягель толстым слоем покрывает почву и камни. В лесотундре обширные ягодные поля (брусника, морошка, голубика, водяника) и много грибов (подберезовики, подосиновики, волнушки, сыроежки).

Вся южная часть полуострова относится к лесной зоне. Здесь стоят сосново-еловые леса с примесью березы, осины, рябины, ивы, ольхи. Поскольку полуостров находится в зоне избыточного увлажнения, то леса Кольского полуострова сильно заболочены, поэтому в них широко распространены кустарник и травянистая моховая растительность. Особенно лесистыми являются юго-запад Мурманской области и бассейны рек Умбы, Варзуги, Стрельны.

В горных районах наблюдается вертикальная зональность растительного покрова. До высоты 300—400 м распространена лесная растительность, высоты 400—600 м заняты березовым криволесьем и кустарниками, а выше 600—650 м растут лишь только редкие кустарники и лишайники.

Болота распределены неравномерно, занимают площадь не более 20%. Растительность болот представлена очень большим разнообразием

сообществ, составляющих сложные комплексы. Наибольшее распространение имеют грядово-мочажинные комплексные болота и кустарничко-сфагновые. В целом микроландшафты с преобладанием кустарничковых повышений занимают около 40% поверхности болот. Повышения располагаются в диапазоне от 11–22 см. Микроландшафты с господством травяной растительности понижений занимают более 60% поверхности, имеют плоскую поверхность и высоту микрорельефа 1–3 см. Крайне редко единичные кочки заняты также осокой и редким кустарником. На болотах различного типа произрастают мох, осока, хвощи, небольшими группами ивы и ерник. Луговая растительность занимает очень небольшие площади. Естественные луга встречаются в долинах крупных рек.

Растительный покров на территории Северного края в основном представлен хвойными лесами, а к северу от полярного круга – лесотундровым редколесьем, мхами и лишайниками в сочетании с кустарниковыми зарослями.

Леса преимущественно еловые с примесью березы, сосны, а местами и осины; значительное распространение имеют сосновые леса, в основном приуроченные к обширным речным террасам. Близ северной границы таежной зоны из-за более суровых климатических условий и большей заболоченности леса редкостойные. В тундровой зоне болота в основном имеют реликтовый характер, многие из них подвергаются интенсивному разрушению; другие связаны с современным болотообразовательным процессом. Обычно они неглубокие, мохово-осоковые. Луговая растительность встречается как в лесной, так и в тундровой зоне. Распространена она в поймах рек и по расчисткам от леса и кустарника на склонах речных долин. Общая площадь, занимаемая луговой растительностью, незначительна (менее 0,3%). Представлена она многолетними травянистыми растениями, образующими сложные сообщества, состоящие из верховных злаков, мелкотравья и низкотравья [1,2].

1.4 Почвенный покров

Кольский полуостров. Почвенный покров относительно молод. Почвы формируются на каменисто-щебнистом и песчаном грунте. Литогенная основа обеспечивает господство сосновых лесов. На выступах коренных пород и крутых склонах почвы отсутствуют. Почвы сильно переувлажнены, хорошо развит торфянистый горизонт. Режим почв промывной. Господствующими почвами здесь являются различные подзолы, которые имеют сильноокислую реакцию. Распространены так же торфяно-подзолистые, торфяно-глеевые и торфяно-болотные почвы. На крайнем севере – тундрово-глеевые почвы. Болотные почвы на Кольском полуострове распространены на больших площадях, образуя массивы в несколько сотен квадратных километров. Они занимают не только впадины, но и широкие плоские равнины, встречаются и на пологих склонах.

По механическому составу преобладают песчаные супесчаные почвы, в значительной степени завалуненные; довольно большую площадь занимают глинистые и щебнистые почвы, последние развиты преимущественно на плотных породах возвышенных участков территории.

Северный край. На большей части территории почвы подзолистые, супесчаные или суглинистые, местами песчаные или торфянистые, в тундрах к северу от полярного круга – глеево-болотные. В лесной зоне преобладают подзолы на песках и глеево-подзолистые почвы на суглинках. На плоских водоразделах широко распространены обширные торфяники. В тундре почвы формируются на рыхлых наносах в условиях застоя влаги, недостатка кислорода, низких температур и медленного накопления органического вещества, в результате чего процесс почвообразования идет по типу болотно-глеевых. Мощность их 40-60 см [1,2].

1.5 Гидрография

Реки, впадающие в Белое море, относятся к водным объектам Кольского полуострова и Северного края.

Водные объекты Кольского полуострова относятся к бассейнам Баренцева и Белого морей (около 44% и 56% территории соответственно), крайне незначительная часть территории на юго-западе региона относится к бассейну Балтийского моря.

Речная сеть Мурманской области представлена 20 616 реками общей протяжённостью 60 485 км (густота речной сети 0,42 км/км²), большая часть которых относится к малым рекам и ручьям. Большие реки отсутствуют. Почти все реки области имеют долготное направление течения, среди крупных рек в широтном направлении несёт свои воды лишь р. Поной. Занимая срединное положение, водораздел обуславливает небольшую длину стекающих с него рек (за исключением Поной), сбросовый характер их продольных профилей и небольшие площади водосборов. Многие реки берут начало из крупных озёр, и, несмотря на небольшую длину, несут в себе много воды. Для рек Мурманской области характерно смешанное питание с преобладанием снегового (до 60%). Реки относятся к восточно-европейскому типу водного режима, для них характерно весеннее половодье с резким повышением уровня воды, на некоторых реках оно смещено на лето и сильно затянуто. Замерзают в октябре – ноябре, вскрываются в мае. В Белое море впадают Ковда, Поной, Нива, Варзуга и Умба. По данным Института озероведения Российской Академии Наук на территории Мурманской области расположено более 117 тыс. озёр и искусственных водоёмов общей площадью около 11,1 тыс. км² (озёрность 7,64%), в том числе более 32 тыс. озёр площадью более 0,01 км² и ряд озёр меньшего размера. Большая часть озёр относится к ледниковому типу – ледниково-тектонические, запрудные и др. Значительно распространены старичные и болотные озёра, расположенные вдоль русел крупных рек и среди болотных массивов, в

районах распространения вечной мерзлоты встречаются также термокарстовые озёра. Многие озёра области соединены друг с другом протоками, образуя озёрно-речные системы.

Особенностью региона Северного края можно считать густоту сети рек и озер. К рекам Северного края относят как бассейны крупных рек, таких как Онега, Северная Двина, Мезень и Печора, так и более маленьких водных объектов [1,2].

2 Климатическая характеристика района исследований

Кольский полуостров можно разделить на две части: северная часть, которая относится к области субарктического пояса и южная часть, которая большей частью находится в зоне умеренного пояса, области умеренно-континентального климата. Полуостров находится под влиянием течений Северного Ледовитого океана. Норвежское течение является продолжением Гольфстрима, теплое, и подразделяется на Нордкапское течение на севере, которое поддерживает положительную среднегодовую температуру воздуха на Кольском побережье в районе 0°C , $+1^{\circ}\text{C}$, и на Шпицбергенское течение.

Климатические условия зависят от рельефа и высоты местности над уровнем моря, метеорологические элементы от климатообразующих факторов. Поступление арктических и атлантических воздушных масс, циклоническая деятельность над Баренцевым морем способствуют теплой зиме и прохладному лету. Особенность – неустойчивость и резкая изменчивость погоды. Кольский полуостров относится к области избыточного увлажнения. Весьма неравномерно осадки распределяются в центральной части и западной, где расположены основные горные массивы. Осадки в холодный период составляют от 100 до 200 мм, наибольшее количество в возвышенной части полуострова. В течение года осадки выпадают неравномерно. Суточные максимумы осадков падают на летний период, по территории полуострова они составляют 60-80 мм, а в горах достигают 100мм.

Среднемесячная температура от -2°C до -14°C в зимний период, который продолжается с ноября по апрель в прибрежной зоне, и с октября по апрель в центральной части. Летние температуры от $+2^{\circ}\text{C}$ до $+14^{\circ}\text{C}$, самым тёплым месяцем является июль

Реки замерзают в середине или конце ноября, несколько раньше покрываются льдом небольшие озера. Только на порожистых участках

ледостав запаздывает на 1,5 – 2 месяца, а мощные пороги не замерзают всю зиму. Толщина льда на реках и озерах колеблется от 70 до 110 см. Снежный покров неравномерен и зависит главным образом от рельефа местности и преобладающих в этом районе ветров.

Факторы, формирующие климат Северного края являются: малое количество солнечной радиации, влияние северных морей, в частности, по территории изучения рек это Белое море, и западный перенос воздушных масс. С циклонами, которые идут с Атлантики, связана пасмурная погода с осадками, прохладная летом и с оттепелями зимой. Арктические воздушные массы в любое время года сопровождаются сухими северо-восточными и холодными ветрами.

Влияние моря приводит к тому, что температура на побережьях выше, чем в удалении от моря, а летом – ниже. Годовая амплитуда температуры воздуха на севере составляет 23-28 °С, на юге до 31°С, которая характеризуется нарастанием континентальности климата с севера на юг и с запада на восток. Совокупность факторов обуславливает короткое прохладное лето и длинную холодную зиму с устойчивым снежным покровом. Средняя температура самого холодного месяца достигает -20°С, а самого теплого не превышает 17°С. В особо суровые зимы средняя суточная температура воздуха понижается: на юго-западе до -45°С, на побережье Белого моря до -41°С, на остальной части территории до -50, - 56°С.

Рассматриваемая территория находится в зоне избыточного увлажнения. Годовое колебание осадков изменяется с северо-востока на юго-запад от 550-600 мм до 750-800 мм.

В течение года осадки выпадают неравномерно. Основная их часть приходится на теплый период года. Суточные максимумы осадков, наблюдающиеся обычно в теплый период года, достигают 60-80 мм.

Осадков выпадает от 110 до 200 мм в холодное время года, а в теплое от 400 до 500 мм. В летнее время суточные максимумы формируются за счет

ливневых дождей, связанных с прохождением фронтов. В осенне-зимний период чаще наблюдаются длительные осадки облажного характера и слабой интенсивности. Снежный покров появляется в конце сентября – начале октября, на юге в третьей декаде октября. Максимальной высоты снежный покров достигает во второй-третьей декадах марта. На защищенных лесом участках он составляет 75-85 см, на открытых участках – на 10-20 см меньше[3].

2.1 Современное состояние климата

Изменения климата в последние годы являются важным предметом изучения большого числа исследовательских групп [4,5,6], так как возможные экологические и социально-экономические последствия изменений климата могут оказаться чрезвычайно серьезными.

Как считают многие исследователи, современное потепление на исследуемой территории началось примерно со второй половины 1980-х гг. и проявляется в изменениях как среднегодовой температуры, так и среднесезонных температур. На всей территории области Кольского полуострова, включая горные районы, наблюдается значительное подобие картин межгодовых вариаций температуры воздуха, что указывает на единый механизм наблюдаемых изменений.

Одной из причин изменения климата являются изменения в циркуляции атмосферы. Основанием для такого предположения может служить существование в циркуляционном режиме атмосферы длительных периодов (от 10 лет и более) с аномальным развитием тех или иных динамических процессов [4,5,6].

Согласно исследованиям В. И. Демина [6], наиболее выражено современное потепление зимой, главным образом в декабре и январе, где увеличение температуры достигает 2°C, и наименее заметно в летние месяцы. Весеннее потепление нашло свое отражение в более ранних сроках

весеннего начала и пиков половодья на реках Мурманской области: тренд даты начала половодья на реках за последние 48 лет составляет 1,8-1,9 дня на каждые 10 лет, а даты пика половодья – на 1,0-2,5 дней за 10 лет [6].

Среднегодовая температура воздуха в г. Мурманске для периода 1881–1960 гг. составляла 0 °С. Для периода 1961–1990 гг., используемого при описании современного климата, $t_{ст}$ – также около 0 °С. С 1991 по 2013 гг. $t_{ст}$ повысилась до 0,8 °С, а за десятилетие 2004–2013 гг. она оказалась равной 1.4 °С[6].

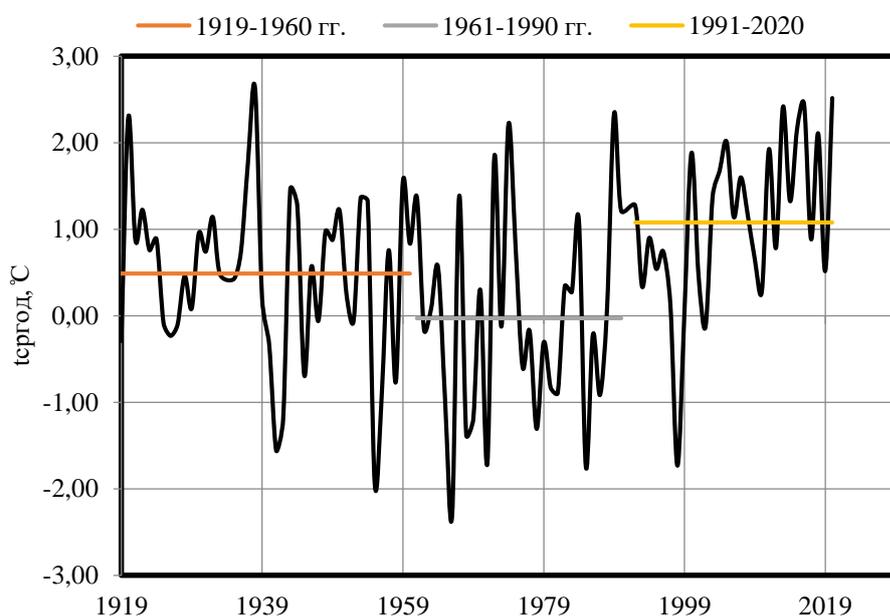


Рисунок 2.1 – Хронологический график среднегодовой температуры за период с 1919 по 2020 гг. по г. Мурманску

По г. Мурманску среднегодовая температура за период с 1919 по 1960 г. составила 0,4°С., за период с 1961 по 1990г. температура по сравнению с предыдущим периодом упала до 0°С., с 1991 по 2020 гг. повысилась до 1°С.

Аналогичные тенденции можно наблюдать и на территории Северного Края, в частности Архангельской области. С конца 1910-х годов начался процесс потепления. На большей части территории этот процесс занял значительный период времени – 1920–1940-е годы, на юге территории он выражен резче, но короче. Самыми теплыми десятилетиями являлись 1930–1939 и 1931–1940 годы. Установлено, что эта теплая эпоха была обусловлена

главным образом необычайно высокой прозрачностью атмосферы и в некоторой степени сравнительно небольшим в те годы повышением концентрации диоксида углерода. С конца 1940-х годов последовало понижение температуры воздуха. Наиболее холодными в этот период были десятилетия 1962–1971 и 1963–1972 годов. С середины 1960-х годов наметился перелом к потеплению, которое усилилось в 1980–1990-е годы и продолжается в настоящее время. [5].

Был также построен график хода среднегодовых температур по данным г. Архангельска за периоды как по г. Мурманску. За период с 1881 по 1960 гг. среднегодовая температура составляла $0,5^{\circ}\text{C}$, с 1961 по 1990 гг. составляла $0,7^{\circ}\text{C}$, а для периода с 1991 по 2020 гг. $1,8^{\circ}\text{C}$.

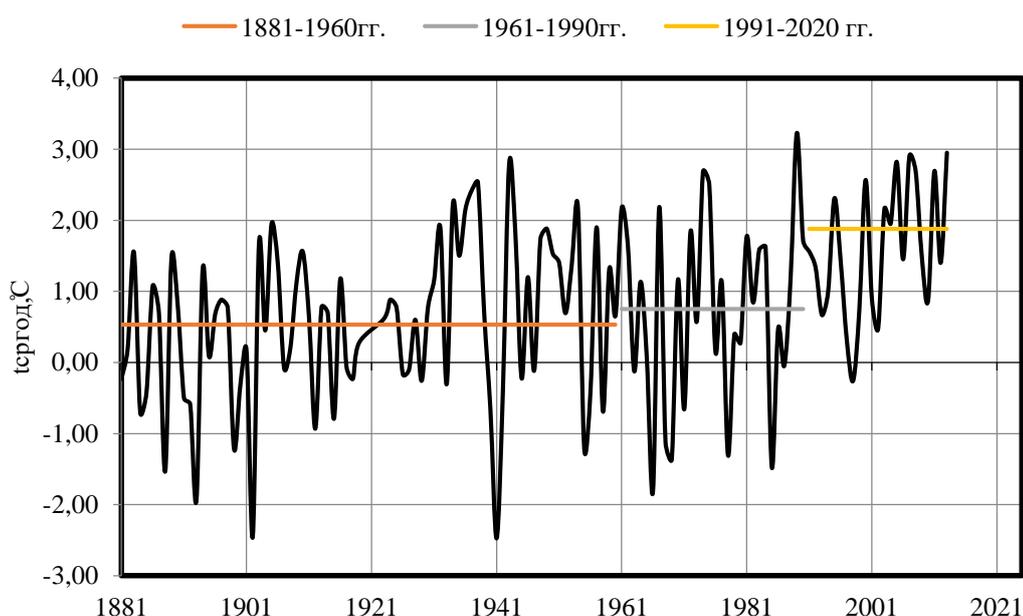


Рисунок 2.2 – Хронологический график среднегодовой температуры за период с 1881 по 2020 гг. по г. Архангельску

На водосборе Белого моря средние значения годовых сумм атмосферных осадков за 1991–2017гг. превышают климатические нормы на 40–80 мм[7]

Были взяты данные по сумме осадков для двух метеостанций – Мурманск и Архангельск. Рассчитаны средние значения для двух периодов – 1960-1990 гг. и с 1991/1992–2020гг. По метеостанции Мурманск за первый период

среднее значение суммы осадков составляет 473 мм, для второго периода 520 мм, что на 47 мм больше. По метеостанции Архангельск за первый период наблюдений среднее значение суммы осадков составило 543 мм, за второй период – 633 мм, что на 90 мм больше.

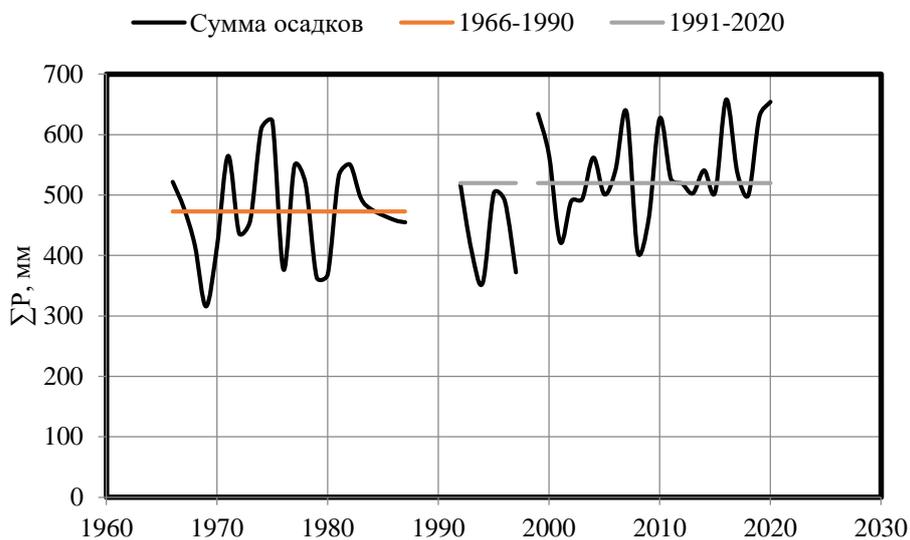


Рисунок 2.3 – Хронологический график суммы годовых осадков по г. Мурманску

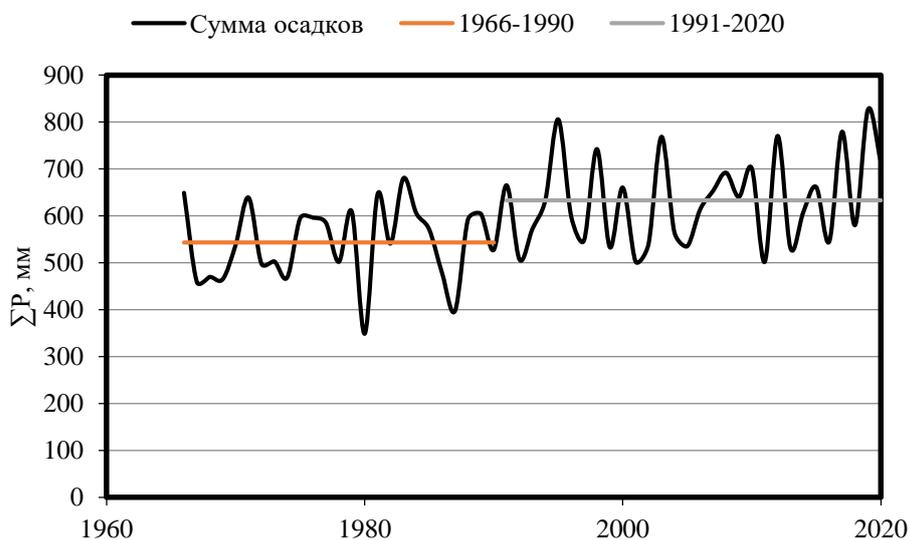


Рисунок 2.4 – Хронологический график суммы годовых осадков по г. Архангельску

Были использованы данные по метеорологическим характеристикам, такие как: среднемесячная температура воздуха и среднемесячное

количество осадков с сайта ФГБУ «ВНИИГМ-МЦД» для построения зависимостей и определения наличия трендов в рядах данных.

Ряды среднегодовых температур и суммы осадков были проверены на однородность по критериям Стьюдента и Фишера, результаты представлены в таблицах 2.3 и 2.4.

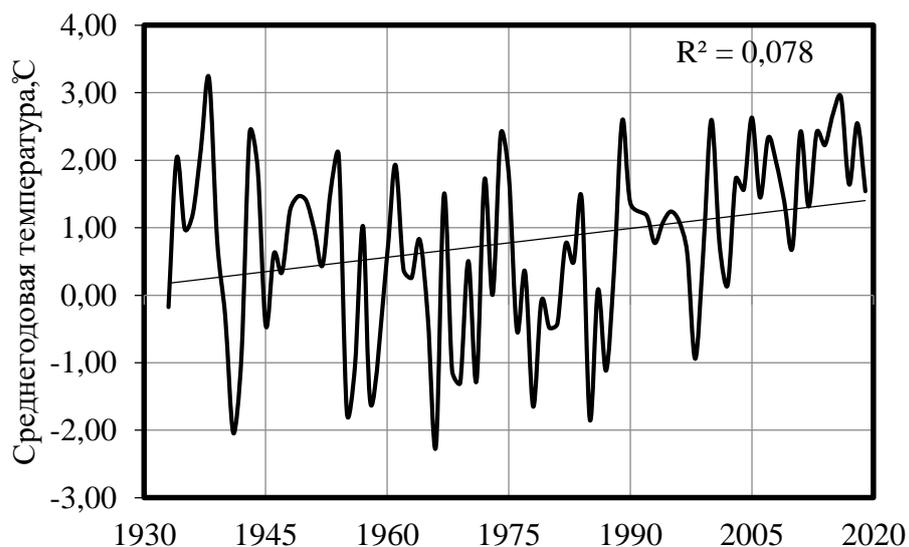


Рисунок 2.1 – Среднегодовая температура по м/ст Умба

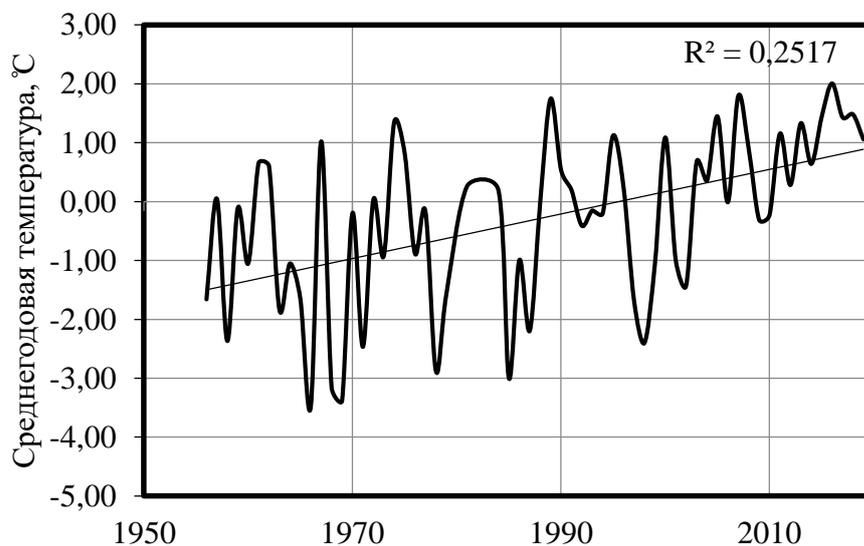


Рисунок 2.2 – Среднегодовая температура по м/ст Мезень

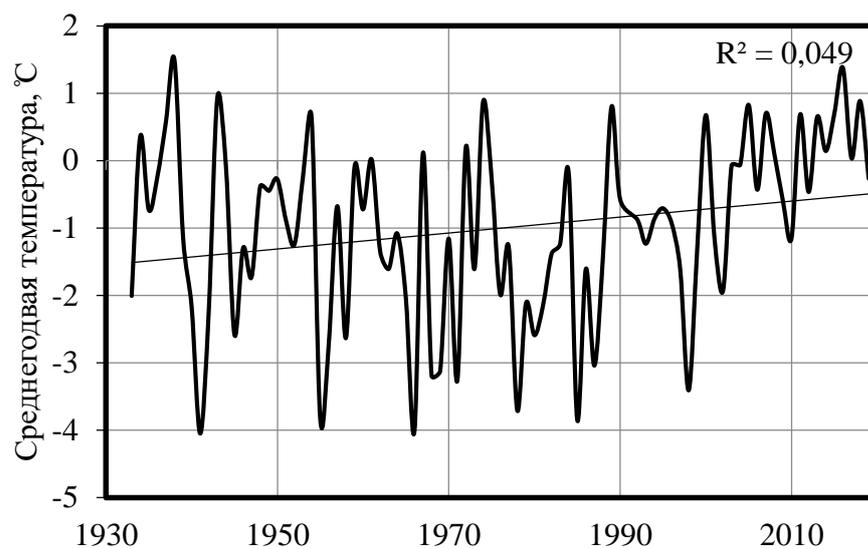


Рисунок 2.3 – Среднегодовая температура по м/ст Краснощелье

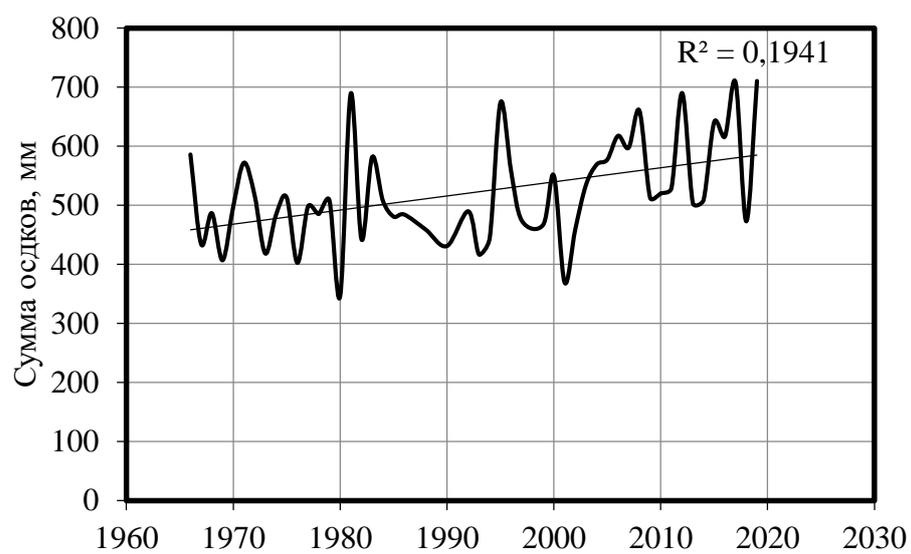


Рисунок 2.4 – Сумма осадков по м/ст Умба

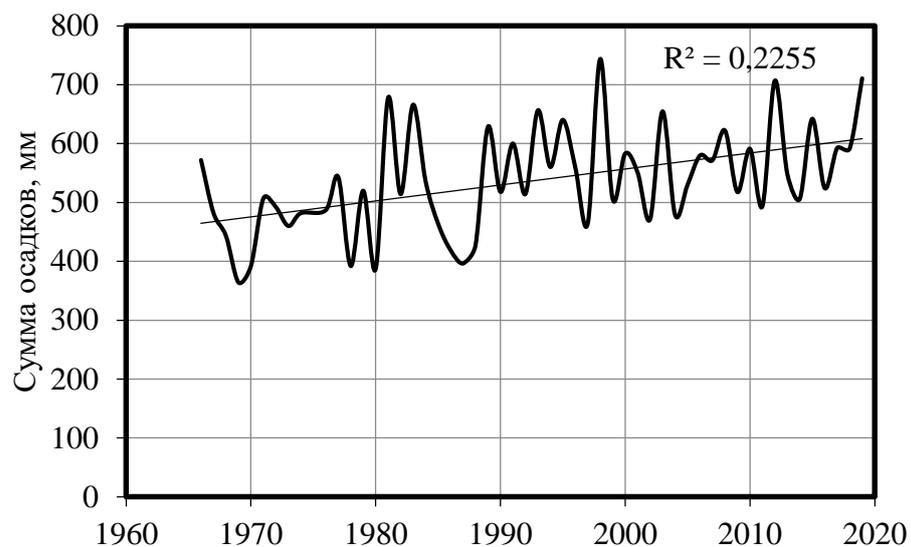


Рисунок 2.5 – Сумма осадков по м/ст Мезень

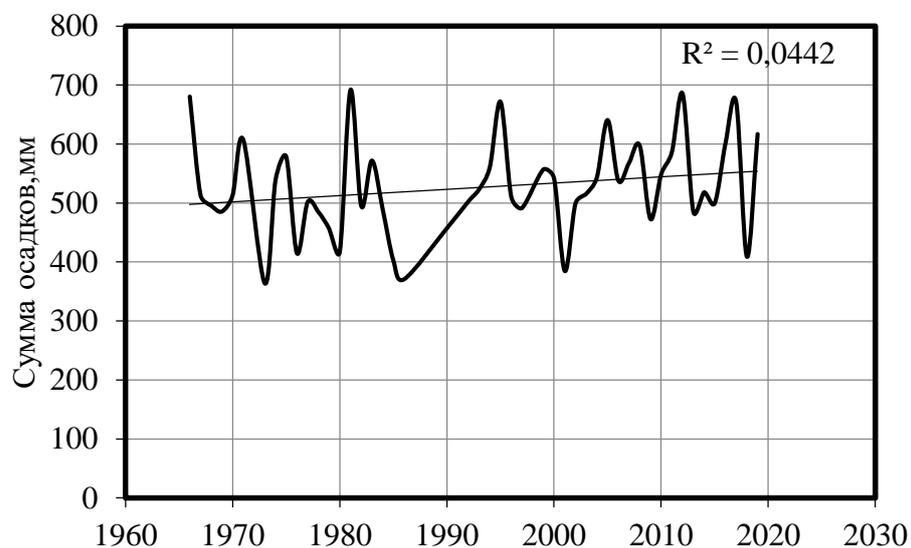


Рисунок 2.6 – Сумма осадков по м/ст Краснощелье

Следует отметить, что все шесть графиков отражают в рядах сумм осадков и среднегодовых температур наличие трендов. Особенно заметно их появление с 1990-х гг.

Таблица 2.1 – Оценка значимости линейных трендов в рядах сумм осадков по метеостанциям.

Метеостанция	R	σ_R	$ R /\sigma_R$	$t_{2a=5\%}$	$H_0:$ $R = 0$	Значимость тренда
Умба	0,44	0,12	3,79	2,01	опр.	Тренд значим
Мезень	0,48	0,11	4,38	2,01	опр.	Тренд значим
Краснощелье	0,21	0,14	1,49	2,01	не опр.	Тренд не значим

Таблица 2.2 – Оценка значимости линейных трендов в рядах среднегодовых температур по метеостанциям

Метеостанция	R	σ_R	$ R /\sigma_R$	$t_{2a=5\%}$	$H_0:$ $R = 0$	Значимость тренда
Умба	0,28	0,10	2,76	1,99	опр.	Тренд значим
Мезень	0,50	0,10	5,15	2,00	опр.	Тренд значим
Краснощелье	0,22	0,10	2,13	1,99	опр.	Тренд значим

По данным оценки значимости линейных трендов в рядах сумм осадков по метеостанциям Умба и Мезень тренд значим, по Краснощелью – не значим. По данным оценки значимости линейных трендов в рядах среднегодовых температур по всем метеостанция тренд является значимым.

Таблица 2.3 – Проверка однородности рядов среднегодовых температур

Метеостанция	Критерий Стьюдента			Критерий Фишера		
	t*	t _{2α=5%}	Гипотеза	F*	F _{2α=5%}	Гипотеза
Умба	1,93	1,98	не опр.	0,79	0,54	опр.
Мезень	-4,38	2,00	не опр.	1,66	2,08	не опр.
Краснощелье	1,48	1,98	не опр.	1,18	1,84	не опр.

Таблица 2.4 – Проверка однородности рядов сумм осадков

Метеостанция	Критерий Стьюдента			Критерий Фишера		
	t*	t _{2α=5%}	Гипотеза	F*	F _{2α=5%}	Гипотеза
Умба	-2,75	2,01	не опр.	0,59	0,43	опр.
Мезень	3,73	2,00	опр.	1,39	2,21	не опр.
Краснощелье	-1,99	2,01	не опр.	1,17	2,31	не опр.

С целью выявления года после которого выявленные изменения наиболее явно выражены построены нормированные интегральные кривые среднегодовых температур воздуха. На полученных графиках видно, что можно выделить современный период, начиная с конца 1990-х – начала 2000-х годов.

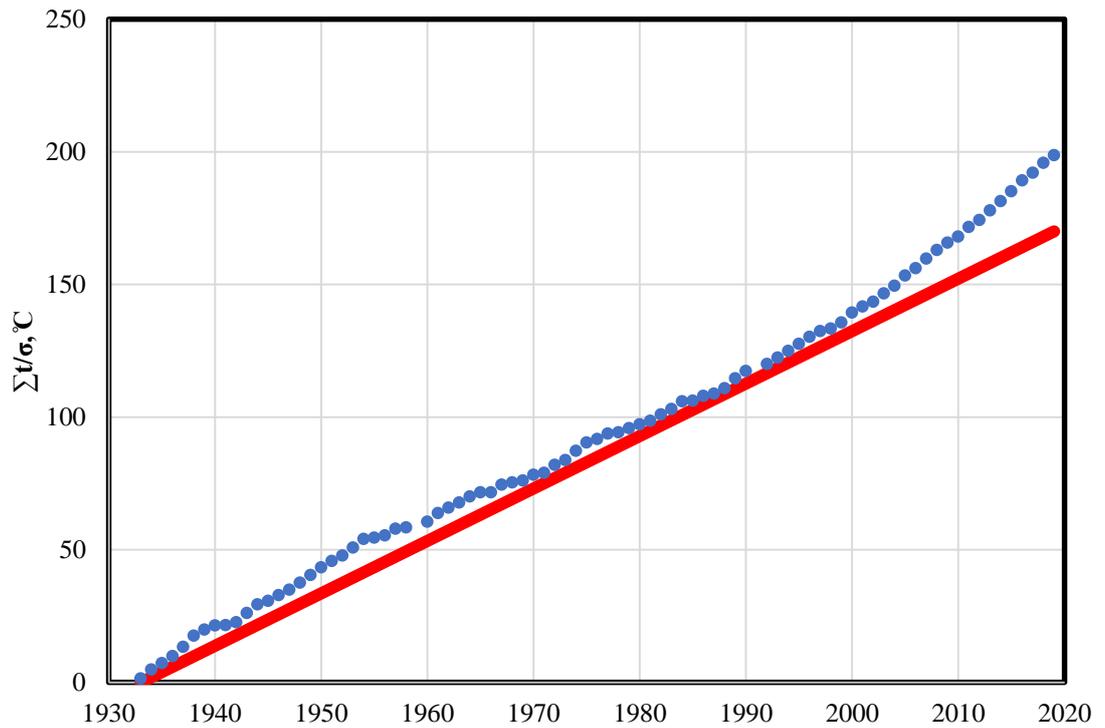


Рисунок 2.7 – Нормированная интегральная кривая среднегодовых температур по м/ст Умба

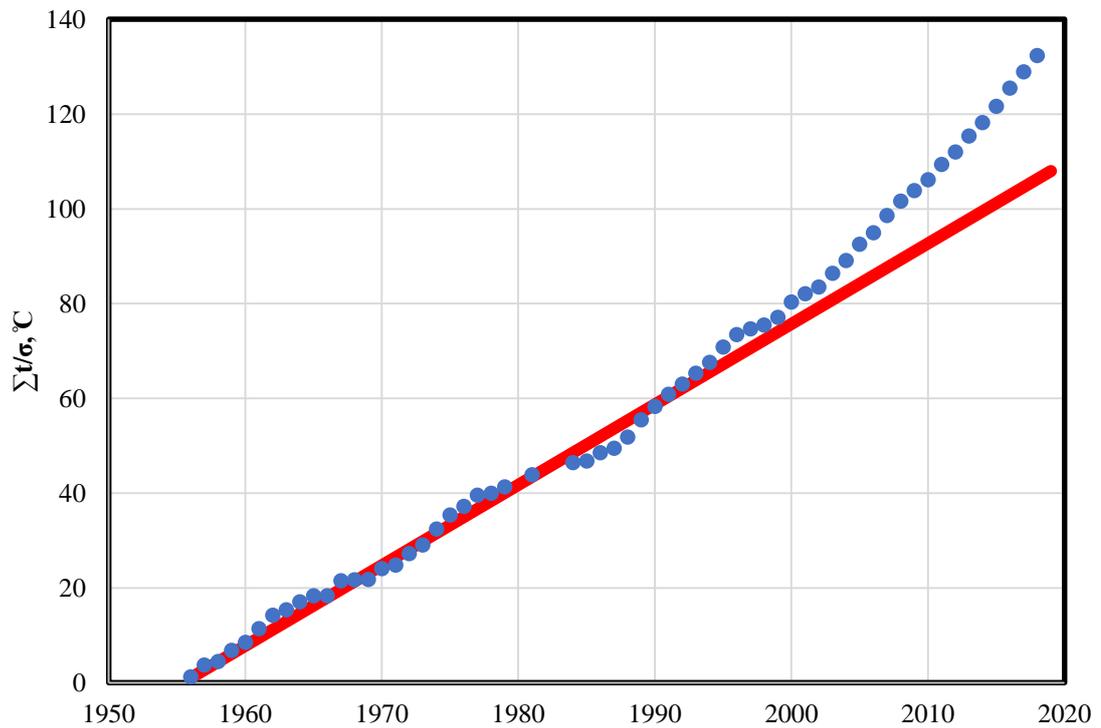


Рисунок 2.8 – Нормированная интегральная кривая среднегодовых температур по м/ст Мезень

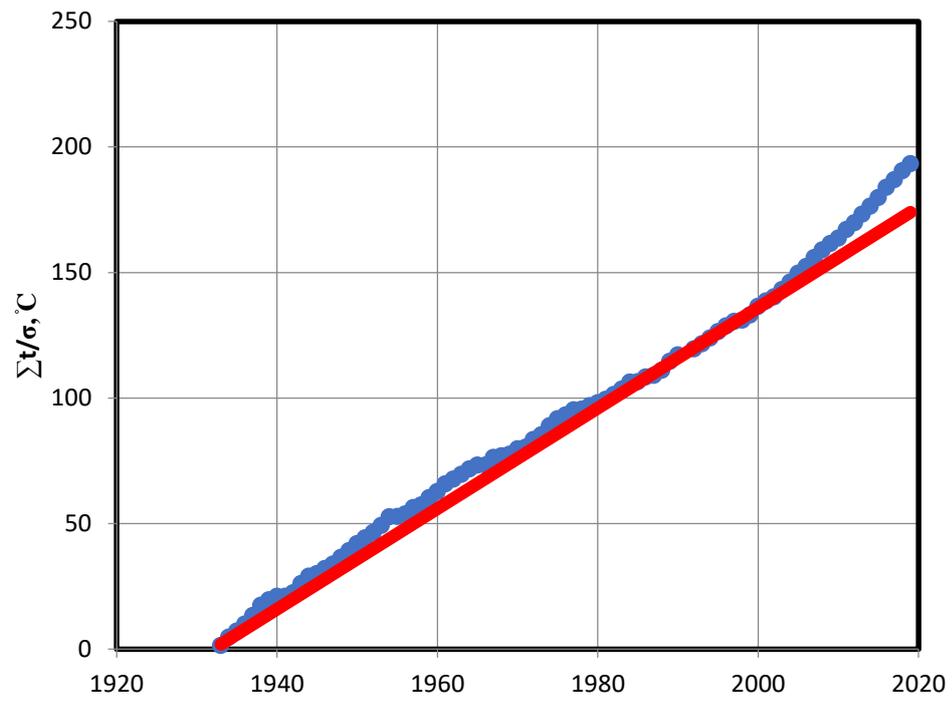


Рисунок 2.9 – Нормированная интегральная кривая среднегодовых температур по м/ст Краснощелье

3 Внутригодовое распределения стока

Распределение стока по месяцам и сезонам меняется из года в год. Это происходит вследствие различия в расходах воды в одинаковые фазы водного режима, а также из-за сдвига времени наступления фаз водного режима в разные годы.

Однако чем больше интервалы времени, на которые делится год (сутки, декада, месяц, сезон), тем меньше индивидуальные различия во внутригодовом распределении стока за отдельные годы, но зато все более размытыми становятся особенности внутригодового режима стока в рассматриваемом створе реки.

В практике гидрологических расчётов существует несколько схем расчета и их можно разделить на два основных вида:

1. Типовые, отражающие влияние преимущественно климатических факторов на сток рек и дающие в основном общее представление о внутригодовом распределении стока

2. Расчетные, характеризующие распределение стока в годы различной водности и при различных соотношениях водности многоводных и маловодных периодов внутри года

Типовое внутригодовое распределение стока может быть охарактеризовано одним из трёх способов:

– выбирается наиболее типичный гидрограф из совокупности имеющихся гидрографов за период наблюдений на реках однородного в физико-географическом отношении района;

– принимается гидрограф, осредненный за все годы по календарным датам;

– принимается схематизированный гидрограф, осредненный по фазам водного режима.

Расчётная схема внутригодового распределения стока учитывает водность года в целом и по отдельным сезонам. Учет водности производится либо путем оценки распределения стока в маловодные, многоводные и средние по водности годы, выбираемые из числа имеющихся лет наблюдений, либо путем компоновки внутригодового распределения стока по некоторым статистическим схемам.

Определение расчетного календарного внутригодового распределения стока при длительности рядов наблюдений n , равной 15 годам и более, производят следующими методами:

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

Расчеты внутригодового распределения стока рек производят по водохозяйственным годам (ВГ), начинающимся с первого месяца многоводного сезона. В отдельных случаях возможно выполнение расчетов внутригодового распределения стока для гидрологических лет, начинающихся с первого месяца периода накопления влаги, или для обычных календарных лет. При расчетах внутригодового распределения стока целесообразно переводить расходы в объемы стока в км³ или в тыс. м³, так как при этом учитывают различие в числе дней не високосных и високосных лет и в числе секунд в разные месяцы года.

В зависимости от типа водного режима реки и преобладающего вида использования стока реки водохозяйственный год делят на два различающихся по длительности периода: лимитирующий (ЛП) и нелимитирующий (НП), а лимитирующий период соответственно на два сезона: лимитирующий (ЛС) и нелимитирующий (НС). Границы сезонов назначают едиными для всех лет с округлением до месяца.

Расчетное внутригодовое распределение месячного (а в отдельных случаях и декадного) стока определяют для водохозяйственного года

расчетной вероятности превышения $P_{\text{расч}}$, соответствующей заданной проектной обеспеченности гарантированной отдачи. Длительность n многолетнего периода, необходимая для определения расчетного календарного внутригодового распределения стока, должна удовлетворять требованиям СП 33-101-2003, а именно, что продолжительность периода наблюдений считают достаточной, если рассматриваемый период репрезентативен (представителен), а относительная средняя квадратическая погрешность расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики не превышает 10 % для годового и сезонного стоков и 20 % - для максимального и минимального стоков.

В зависимости от достаточной длительности наблюдений n , определенной по указанному критерию точности, выделяют следующие группы лет: по градациям вероятностей превышения стока реки за водохозяйственный год, а в методах компоновки и реального года также и за отдельные расчетные сезоны.

При периоде наблюдений n от 15 до 30 лет выделяют три группы лет: 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 выделяют пять групп: 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 ($66,7 \% < P \leq 83,3 \%$) и очень маловодные годы ($P > 83,3 \%$).

Во всех методах расчета по значениям стока за отдельные водохозяйственные годы (а в методах компоновки и реального года и за расчетные внутригодовые интервалы времени: лимитирующий период, лимитирующий сезон, нелимитирующий сезон, лимитирующий месяц и др.) определяют 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 %, для средних по водности лет - 50 %.

В практике расчетов внутригодового распределения стока наиболее часто для рек с весенним половодьем за лимитирующий период принимаются два смежных маловодных сезона: лето—осень и зима. За лимитирующий сезон принимается один из этих сезонов. Для рек с летним половодьем за лимитирующий период принимается осень—зима и весна, а за лимитирующий сезон — весна. В случае если за лимитирующий период принимается самая многоводная часть года (например, весна и лето—осень), то за лимитирующий сезон принимается весна (для рек с весенним половодьем).

Сток заданной обеспеченности для года и лимитирующих периода и сезона определяется по кривым обеспеченности, которые строятся так же, как и для годового стока. Расчетная обеспеченность назначается в соответствии с задачами водохозяйственного использования стока реки. Обычно она находится в пределах 75—97 %, хотя в отдельных случаях может составлять 50 % и меньше.

Если продолжительность наблюдений за стоком меньше 20 лет, необходимо оценить репрезентативность данных о годовом и сезонном стоке. Это можно сделать одним из двух способов:

1) путем сопоставления распределения стока по сезонам в расчетном пункте и пункте-аналоге за период одновременных наблюдений. Если величины распределения близкие, то ряд считается репрезентативным. Если расхождение, значительное, то осуществляется приведение годового стока и стока за лимитирующие период и сезон;

2) используются эмпирические кривые обеспеченности годового стока и стока лимитирующих периода и сезона в пункте-аналоге. На эти кривые наносится сток расчетного ряда. Если точки располагаются относительно равномерно по всей амплитуде эмпирической кривой, то короткий ряд

является репрезентативным. Если же тяготеют к одной зоне обеспеченностей, то необходимо ряд расчетного пункта удлинять по бассейну-аналогу [10].

3.1 Методы расчета внутригодового распределения стока

Метод компоновки

Принципиальные основы метода были предложены еще Г. И. Швецом в 1946 г. (на примере рек Украины), затем развиты И. М. Лившицем (1953 г.) и наиболее полно разработаны В. Г. Андреевым (1960 г.), широко внедрившим этот метод в практику строительного проектирования.

По его методу, сток за год, лимитирующий период и внутри него за лимитирующий сезон (а не только за год и лимитирующий период, как у Швеца) принимается одинаковой обеспеченности (а не различной, как: у Лившица), задаваемой задачами водохозяйственного проектирования. Внутрисезонное распределение стока по месяцам (декадам) устанавливается аналогично схеме, использованной Лившицем.

Важной особенностью метода компоновки является возможность определения расчетного распределения заданной обеспеченности при сравнительно коротких рядах наблюдений, когда непосредственное эмпирическое обобщение имеющихся материалов не позволяет решить эту задачу. Иначе говоря, метод компоновки позволяет в этом случае более полно использовать имеющуюся информацию.

Расчет внутригодового распределения стока методом компоновки производится обычно для следующих градаций водности: очень многоводная (обеспеченность 5%), многоводная (обеспеченность 25 %), средняя (обеспеченность 50 %), маловодная (обеспеченность 75%) и очень маловодная (обеспеченность 95%).

Для каждой характеристики (годовой сток, сток лимитирующего периода и лимитирующего сезона) строятся эмпирические кривые обеспеченности. При этом используются не средние величины, а сумма расходов воды за рассматриваемые периоды времени. При построении кривых обеспеченности целесообразно использовать модульный коэффициент.

При использовании метода компоновки распределение стока по периодам и сезонам года определяют следующим образом.

Расчетные значения стока за водохозяйственный год, лимитирующий период, лимитирующий сезон и лимитирующий месяц определяют по соответствующим аналитическим кривым распределения стока с использованием принципа равенства расчетных вероятностей превышения стока $P_{\text{расч}}$ за водохозяйственный год $P_{\text{вг}}$, лимитирующий период $P_{\text{лп}}$, лимитирующий сезон $P_{\text{лс}}$ и лимитирующий месяц $P_{\text{лм}}$.

Сток за нелимитирующий период определяют по разности расчетных значений объемов стока за водохозяйственный год и лимитирующий период, сток за нелимитирующий сезон - по разности расчетных объемов стока за лимитирующий период и лимитирующий сезон, а суммарный объем стока всех нелимитирующих месяцев внутри нелимитирующего сезона - по разности расчетных объемов стока за лимитирующий сезон и лимитирующий месяц.

Расчетные значения месячного стока внутри лимитирующего сезона и нелимитирующего сезона определяют 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 располагают в убывающем порядке с указанием календарных месяцев, к которым они относятся. Для составного периода (например, для лимитирующего периода), включающего в себя два сезона (лимитирующий сезон и нелимитирующий сезон), месячные объемы стока располагают в порядке убывания отдельно для каждого из

составляющих их сезонов (лимитирующий сезон и нелимитирующий сезон). Каждому ранжированному месячному значению каждого из m лет, входящих в рассматриваемую группу водности, присваивают свой порядковый номер. Для всех m лет данной группы водности производят суммирование месячных объемов стока, имеющих одинаковые порядковые номера в полученных ранжированных их внутрисезонных рядах. Путем сложения этих сумм для всех k месяцев, входящих в рассматриваемый сезон, находят их сумму за сезон. Делением сумм стока месяцев, имеющих одинаковые порядковые номера, на их общую сумму за сезон определяют относительное внутрисезонное распределение стока (по месяцам внутри сезона в долях от единицы или в процентах от суммарного объема стока). Полученным средним за m лет месячным долям (или %) вместо присвоенных ранее порядковых номеров присваивают названия того календарного месяца, который встречался наиболее часто при сложении указанных m значений месячного стока одинакового номера из всех лет рассматриваемой градации водности. Таким же или упрощенным способом (без ранжирования и перестановок месячных значений стока, то есть методом расчета средних месячных значений за годы данной градации водности) находят расчетные относительные месячные значения стока внутри нелимитирующего периода.

Расчетные месячные значения стока определяют как произведения их относительных значений (долей от сезонного) на расчетное значение стока соответствующего сезона заданной вероятности превышения. Эти расчеты производят по сезонам для всех месяцев ВГ. Относительное внутригодовое распределение месячного стока в долях (или процентах) от объема стока за водохозяйственный год вычисляют делением расчетных месячных объемов стока на расчетное годовое его значение заданной вероятности превышения[10].

Метод среднего распределения стока за годы характерной градации водности

Метод средних распределений стока за водохозяйственный год заданной градации водности основан на расчете средних относительных распределений месячных объемов стока от годовой их суммы путем осреднения относительных значений стока каждого i -го месяца за все годы, входящие в ту или иную градацию водности. Эти распределения являются типовыми для каждой отдельной группы характерных по водности лет. Расчетное распределение месячного стока вычисляют путем умножения месячных долей стока интересующей градации водности на объем стока за водохозяйственный год заданной вероятности превышения. Последний определяют по аналитической кривой обеспеченности.

Для районов, в которых расчетное распределение стока по сезонам и месяцам практически не зависит от водности года, расчеты рассматриваемым методом сводятся к установлению среднего по всем годам распределения стока по месяцам (декадам) в процентах от годового стока.

Данный метод может быть использован не только для определения средних распределений стока за характерные группы лет, выбранные по принципу попадания в заданный расчетный диапазон вероятностей превышения стока отдельных водохозяйственных лет (в заданную градацию водности). При решении отдельных практических задач этот метод может быть применен для оценки среднего внутригодового распределения стока для серий (группировок) характерных по водности водохозяйственных лет, следующих друг за другом[10].

Метод реального года

Основан 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 производят из числа j -х лет (от $j = 1$ до $j = m$; m - число лет с годовым стоком заданной градации водности) расчетной группы водности с использованием следующего условия:

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

Где,

ΔP – суммарное отклонение, которое определяют для каждого из m j -х исследуемых водохозяйственных лет, вошедших в расчетную группу лет заданной градации водности;

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

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

Расчет этим методом выполняется в следующей последовательности:

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

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

— из числа имеющихся лет выбирается год, в котором выполняется вышеуказанное условие.

В качестве расчетного года принимают тот водохозяйственный год, для которого по формуле получено наименьшее значение ΔP_j . Этот водохозяйственный год принимают в качестве модели относительного внутригодового распределения стока (в долях годового объема стока).

Расчетное распределение стока в этом методе вычисляют путем умножения месячных долей стока на годовой объем стока расчетной вероятности превышения, определяемый по аналитической кривой обеспеченности[10].

4 Расчет внутригодового распределения стока исследуемых рек

4.1 Исходные данные для расчета

Исходные данные для расчета были взяты по рекам, протекающим в районе Кольского полуострова – р. Варзуга – с. Варзуга, р. Поной – с. Каневка. Посты данных рек относятся к Мурманскому УГМС. Продолжительность наблюдений составляет для р.Варзуги 64 года, для р.Понной 59 лет.

Протекающие по территории Северного Края – р. Сояна – д.Сояна, р. Пёза – д.Сафоново, р.Большая Лоптюга – д.Буткан. Посты принадлежат к Северному УГМС, являются действующими. Продолжительность наблюдений для р. Сояна – 43года, р. Пёза – 52 года, р.Большая Лоптюга – 41 год. Более подробные сведения по постам представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сведения о гидрологических постах

№	Наименование поста	Площадь водосбора, кв. км.	Отметка "0" поста,БС	Дата открытия, число, месяц, год
1	р.Сояна-д.Сояна	5570	2,45	26.09.1966
2	р.Пёза - д.Сафоново	4520	45,85	10.10.1936
3	р.Большая Лоптюга - д.Буткан	2010	97,12	02.09.1957
4	р.Варзуга - с.Варзуга	7940	8,71	07.03.1935
5	р.Понной - с.Каневка	10200	124,81	20.08.1932

4.2 Анализ исходных данных и обоснование границ водохозяйственного года

При расчете внутригодового распределения стока рассматриваются среднемесячные расходы за водохозяйственные годы. За начало водохозяйственного года принимается наиболее ранняя дата наступления многоводной фазы с округлением до месяца. На практике за начало водохозяйственного года принимают первый месяц, для которого средняя многолетняя величина месячного расхода превышает норму годового стока.

Таким образом, водохозяйственный год для рек Кольского полуострова (р. Варзуга и р. Поной) начинается с мая, для рек Северного края (р.Сояна, р. Пёза и р. Большая Лоптюга) с апреля.

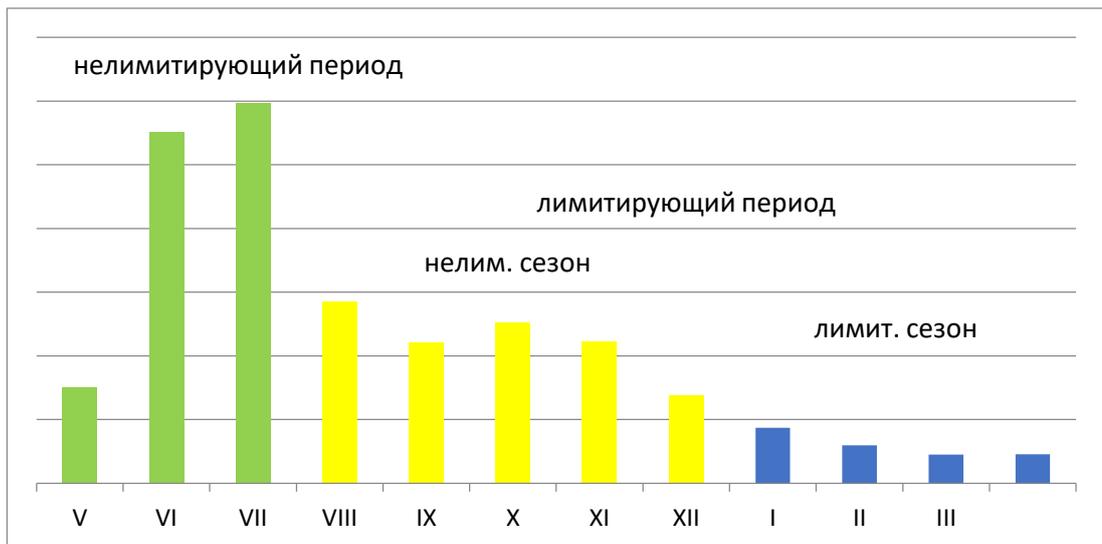


Рисунок 4.1 – Пример разбивки водохозяйственного года по р. Поной (зеленый – весна, желтый – лето-осень, синий – зима)

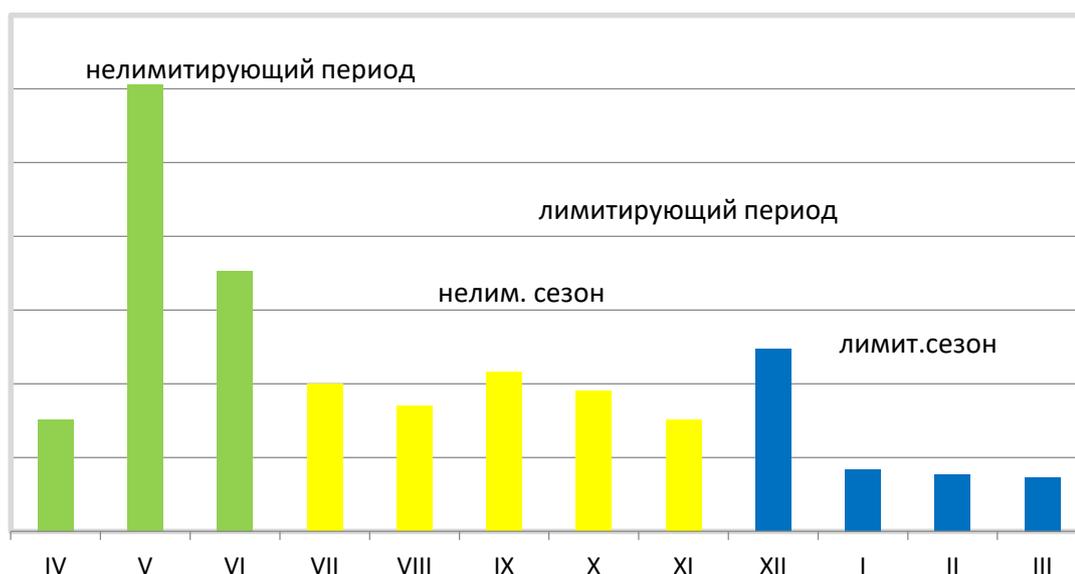


Рисунок 4.2 – Пример разбивки водохозяйственного года по р. Сояна
(зеленый – весна, желтый – лето-осень, синий – зима)

Расчет числовых характеристик является корректным только в том случае, если ряд однороден. То есть, в течение всего периода наблюдений условия формирования стока не изменялись.

Основными статистическими характеристиками являются: математическое ожидание, среднеквадратичное отклонение, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии.

Математическое ожидание (МО) случайной величины можно трактовать как центр тяжести плотности вероятности (первый центральный момент).

Среднеквадратическое отклонение (СКО) СВ X есть квадратный корень из дисперсии. СКО также называют стандартным отклонением или стандартом. СКО как и дисперсия характеризует разброс значений СВ относительно математического ожидания.

Коэффициент вариации C_V случайной величины X - есть отношение СКО к математическому ожиданию. Коэффициент вариации показывает, какую долю среднего значения этой величины составляет ее средний разброс.

Коэффициент асимметрии C_S является безразмерным параметром и характеризует степень симметричности рассеяния относительно

математического ожидания. Для симметричных распределений коэффициент асимметрии равен нулю, а мода, медиана и математическое ожидание совпадают[11].

$$m_Q = \bar{Q} = \frac{\sum Q_i}{n} \quad (4.1)$$

$$\sigma = C_v \bar{Q} \quad (4.2)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (k_i - 1)^2}{n - 1}} \quad (4.3)$$

$$C_s = \frac{n \sum (k_i - 1)^3}{(n - 1)(n - 2)C_v^3} \quad (4.4)$$

Для рядов расходов за различные периоды водохозяйственных годов были рассчитаны числовые статистические характеристики, которые отражены в таблице 4.2.

Были рассчитаны относительные погрешности среднего значения расхода, коэффициента вариации и коэффициента асимметрии, представлены в таблице 4.3.

Для среднего значения:

$$\varepsilon_{Q,\%} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100\% \quad (4.5)$$

Для коэффициента вариации:

$$\varepsilon_{C_v, \%} = \frac{C_v}{n + 4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}} \cdot 100\% \quad (4.6)$$

Для коэффициента асимметрии:

$$\varepsilon_{C_s, \%} = \sqrt{\frac{6}{n} (1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)} \cdot 100\% \quad (4.7)$$

Исходные ряды данных расходов воды были проверены на однородность (табл. 4.4) Для этого были использованы критерий Стьюдента и критерий Фишера.

Критерий Стьюдента позволяет провести проверку ряда на однородность по среднему значению, а критерий Фишера – по дисперсии.

Эмпирическое значение для критерия Стьюдента:

$$t^* = \left[(\bar{Q}_1 - \bar{Q}_2) / \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \right] \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}, \quad (4.8)$$

где n_1 и n_2 – длина первой и второй частей ряда; \bar{Q}_1 и \bar{Q}_2 – средние значения по первой и второй частям ряда; σ_1 и σ_2 – среднеквадратические отклонения по первой и второй частям ряда.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента сравнивается с теоретическим t_{α} при уровне значимости $2\alpha=5\%$. Теоретическое значение статистики Стьюдента определяется по таблице t-распределения в зависимости от принятого уровня значимости и числа степеней свободы ν :

$$\nu = n - 1, \quad (4.9)$$

где n – общая длина исследуемого ряда.

Эмпирическое значение для критерия Фишера

$$F^* = \frac{D_1}{D_2} \quad (4.10)$$

где D_1 и D_2 – дисперсии по одной и другой частям ряда, причем в числитель следует ставить большую из двух дисперсий.

Эмпирическое значение статистики Фишера сравнивается с теоретическим F_t при уровне значимости $2\alpha = 5\%$.

Теоретическое значение статистики Фишера определяется по таблице F-распределения в зависимости от принятого уровня значимости и числа степеней свободы ν_1 и ν_2 :

$$\nu_1 = n_1 - 1, \quad (4.11)$$

$$\nu_2 = n_2 - 1, \quad (4.12)$$

где n_1 – длина выборки с большей дисперсией; n_2 – длина выборки с меньшей дисперсией.

Была произведена проверка рядов расходов воды по пяти рекам на значимость трендов, это отражено в таблице 4.5.

Оценка значимости линейного тренда проводилась с использованием критерия значимости выборочного коэффициента корреляции (R) [11,12,13].

Тренд считается статистически незначимым, если выполняется условие:

$$\frac{|R|}{\delta_r} < t_{2\alpha} \quad (4.13)$$

Таблица 4.2 – Числовые характеристики рядов расходов по рекам за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон

Река-пост	Характеристика											
	$\Sigma Q_{\text{Год}}$				$\Sigma Q_{\text{Лимитирующий период}}$				$\Sigma Q_{\text{Лимитирующий сезон}}$			
	\bar{Q}	C_v	C_s	σ	\bar{Q}	C_v	C_s	σ	\bar{Q}	C_v	C_s	σ
р.Сояна-д.Сояна	624	0,1 6	0,5 2	10 0	370	0,2 0	0,6 4	73,4	125	0, 2	- 0,1 0	22,8
р.Пёза - д.Сафоново	644	0,2 2	0,1 6	13 9	267	0,3 3	0,9 1	87,3	55, 8	0, 4	1,1 3	19,6
р.Большая Лоптюга - д.Буткан	237	0,2 1	0,0 4	51	91, 9	0,3 2	0,3 6	29,7	18, 2	0, 3	1,2 0	5,05
р.Варзуга - с.Варзуга	988	0,2 5	0,5	24 6	484	0,3 5	1,1 3	168	134	0, 4	1,2 7	46,7
р.Поной - с.Каневка	132 5	0,2 1	0,4 8	28 0	611	0,3 3	1,0 0	200	150	0, 9	2,0 5	134

По таблице 4.4 и таблице 4.5 видно, что гипотеза об однородности ряда по среднему значению не опровергается при уровне значимости $2\alpha=5\%$ на всех реках. Гипотеза об однородности ряда по дисперсии опровергается. Наличие значимого тренда присутствует лишь на р. Варзуга – с. Варзуга.

Таблица 4.3 – Относительные погрешности статистических характеристик

Река-пост	Характеристика								
	$\Sigma Q_{\text{Год}}$			$\Sigma Q_{\text{Лимитирующий период}}$			$\Sigma Q_{\text{Лимитирующий сезон}}$		
	$\varepsilon_{\bar{Q}}, \%$	$\varepsilon_{C_v}, \%$	$\varepsilon_{C_s}, \%$	$\varepsilon_{\bar{Q}}, \%$	$\varepsilon_{C_v}, \%$	$\varepsilon_{C_s}, \%$	$\varepsilon_{\bar{Q}}, \%$	$\varepsilon_{C_v}, \%$	$\varepsilon_{C_s}, \%$
р. Сояна - д. Сояна	2,44	10,9	77,3	3,05	11,0	65,2	2,74	10,9	-409
р.Пёза - д.Сафоново	3,05	10,0	242	4,58	10,2	48,9	4,85	10,2	40,4
р.Большая Лоптюга - д.Буткан	3,28	11,2	-1080	5,00	11,5	137	4,37	11,3	39,1
р.Варзуга - с.Варзуга	3,13	9,08	72,3	4,38	9,29	36,5	4,38	9,29	32,4
р.Поной - с.Каневка	2,73	9,38	75,0	4,30	9,62	41,7	11,59	11,7	46,4

Таблица 4.4– Результаты проверки рядов годовых сумм расходов воды на однородность

Река-пост	Критерий Стьюдента			Критерий Фишера		
	t^*	$t_{2\alpha=5\%}$	Гипотеза	F^*	$F_{2\alpha=5\%}$	Гипотеза
р. Поной - с. Каневка	-0,89	2,00	не опров.	0,46	0,41	опров.
р. Варзуга - с.Варзуга	-1,93	2,00	не опров.	0,50	0,43	опров.
р. Пёза - д.Сафоново	-1,31	2,01	не опров.	0,63	0,46	опров.
р. Сояна -д.Сояна	-1,00	2,02	не опров.	0,71	0,40	опров.
р. Большая Лоптюга - д. Буткан	-0,31	2,02	не опров.	0,64	0,41	опров.

Таблица 4.5 – Оценка значимости линейных трендов в рядах годовых сумм расходов воды

Пост	R	σ_R	$ R /\sigma_R$	$t_{2\alpha=5\%}$	$H_0: R = 0$	значимость тренда
р.Сояна – д.Сояна	0,18	0,15	1,16	2,01	не опр	тренд не значим
р. Пёза – д.Сафоново	0,15	0,14	1,08	2,01	не опр	тренд не значим
р.Большая Лоптюга – д.Буткан	0,01	0,16	0,05	2,02	не опр	тренд не значим
р.Варзуга – с.Варзуга	0,27	0,12	2,32	1,99	опр	тренд значим
р.Поной – с. Каневка	0,23	0,13	1,84	2,00	не опр	тренд не значим

4.3 Расчет внутригодового распределения стока рек Кольского полуострова

Согласно полученным выше значениям произведен расчет внутригодового распределения стока методом компоновки за три группы водности (различные обеспеченности 10%, 50% и 90%). Аналитические кривые обеспеченностей построены по данным полученным в главе 4.2 представлены в приложении А.

Таблица 4.3.1 – Внутригодовое распределение стока р. Варзуга – с.Варзуга 90% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	весна	лето-осень	зима	
%	35,2	15,0	6,78	4,84	5,77	11,8	8,39	3,34	2,64	2,08	1,89	2,28	50,2	37,6	12,2	100
Q, м ³ /с	243	103	46,7	33,3	39,7	81,3	57,8	23,0	18,1	14,3	13,0	15,7	346	259	84,1	689

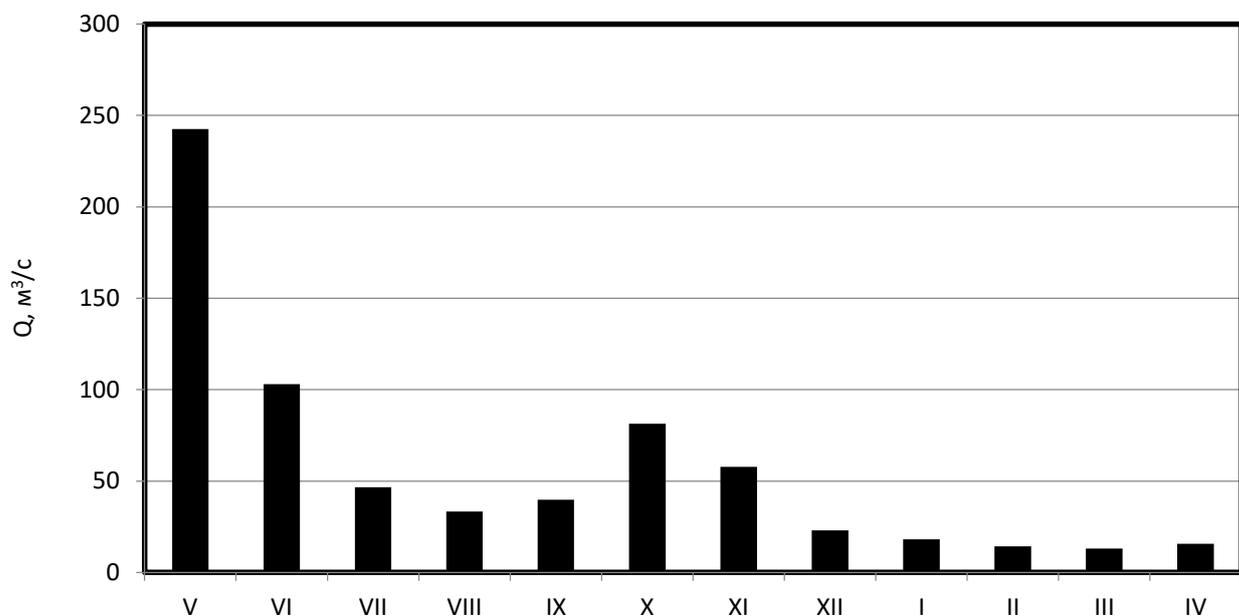


Рисунок 4.3 – Расчетный гидрограф р. Варзуга – с.Варзуга 90% обеспеченности

Таблица 4.3.2 – Внутригодовое распределение стока р. Варзуга – с.Варзуга 50% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	весна	лето-осень	зима	
%	35,7	15,6	5,17	6,38	12,2	7,85	4,12	4,17	2,78	2,26	1,79	1,94	51,4	35,7	12,9	100
Q, м ³ /с	345	151	49,9	61,6	118	75,9	39,8	40,3	26,9	21,8	17,3	18,8	496	345	125	966

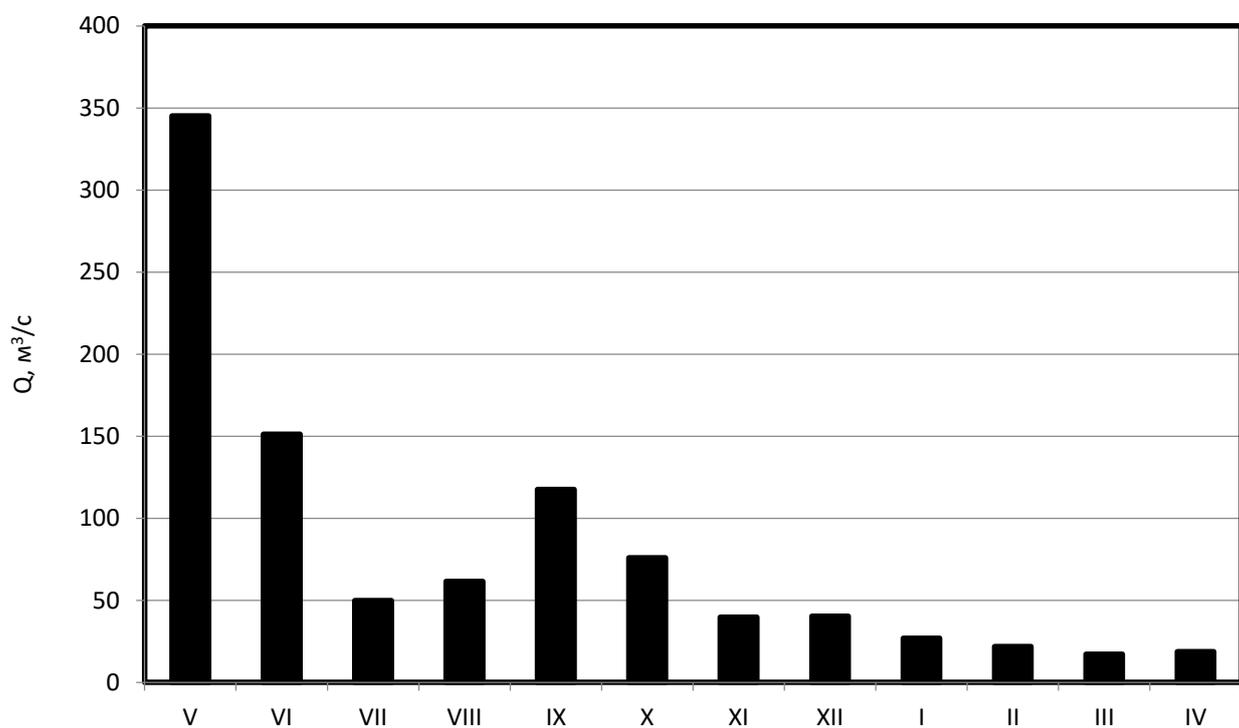


Рисунок 4.4 – Расчетный гидрограф р. Варзуга – с.Варзуга 50% обеспеченности

Таблица 4.3.3 – Внутригодовое распределение стока р. Варзуга – с.Варзуга 10% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	весна	лето-осень	зима	
%	37,3	13,7	5,02	8,20	6,7	10,6	3,77	3,05	2,18	1,74	1,57	6,23	51,0	34,3	14,8	100
Q, м ³ /с	490	179	66,0	108	87,6	140	49,5	40,1	28,6	22,8	20,6	81,8	670	450	194	1314

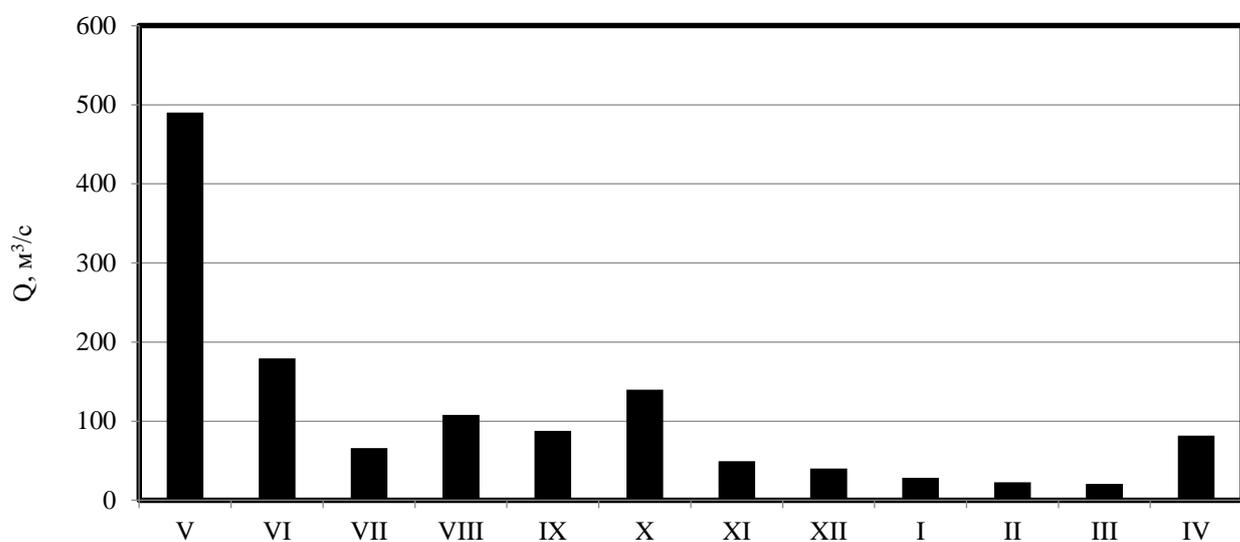


Рисунок 4.5 – Расчетный гидрограф р. Варзуга – с.Варзуга 10% обеспеченности

Таблица 4.3.4 – Внутригодовое распределение стока р. Поной – с.Каневка 90% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	весна	лето-осень	зима	
%	28,1	15,7	10,9	12,0	14,3	9,61	7,02	0,80	0,55	0,41	0,36	0,32	54,7	42,9	2,4	100
Q, м ³ /с	276	154	108	118	140	94,5	69,0	7,85	5,43	4,03	3,53	3,16	537	422	24,0	983

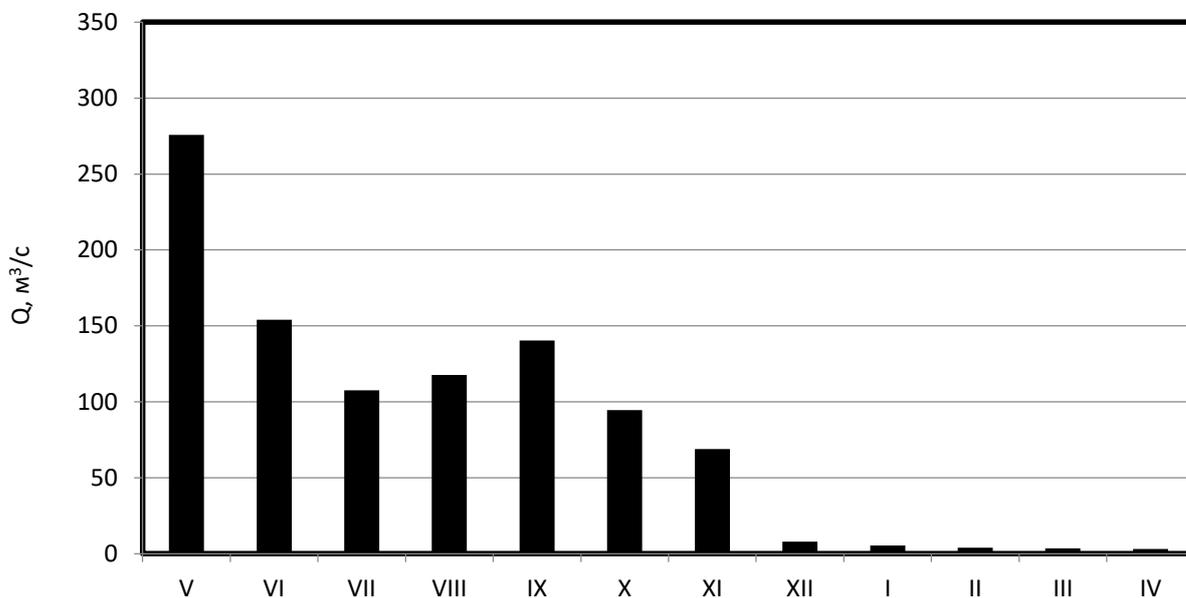


Рисунок 4.6 – Расчетный гидрограф р. Поной – с.Каневка 90% обеспеченности

Таблица 4.3.5 – Внутригодовое распределение стока р. Поной – с.Каневка 50% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	весна	лето-осень	зима	
%	16,1	30,0	8,36	10,5	13,0	7,98	5,43	3,10	2,27	1,76	1,51	1,35	54,4	36,9	8,64	100
Q, м ³ /с	210	392	109	137	170	104	70,9	40,5	29,7	23,0	19,7	17,6	712	483	113	1307

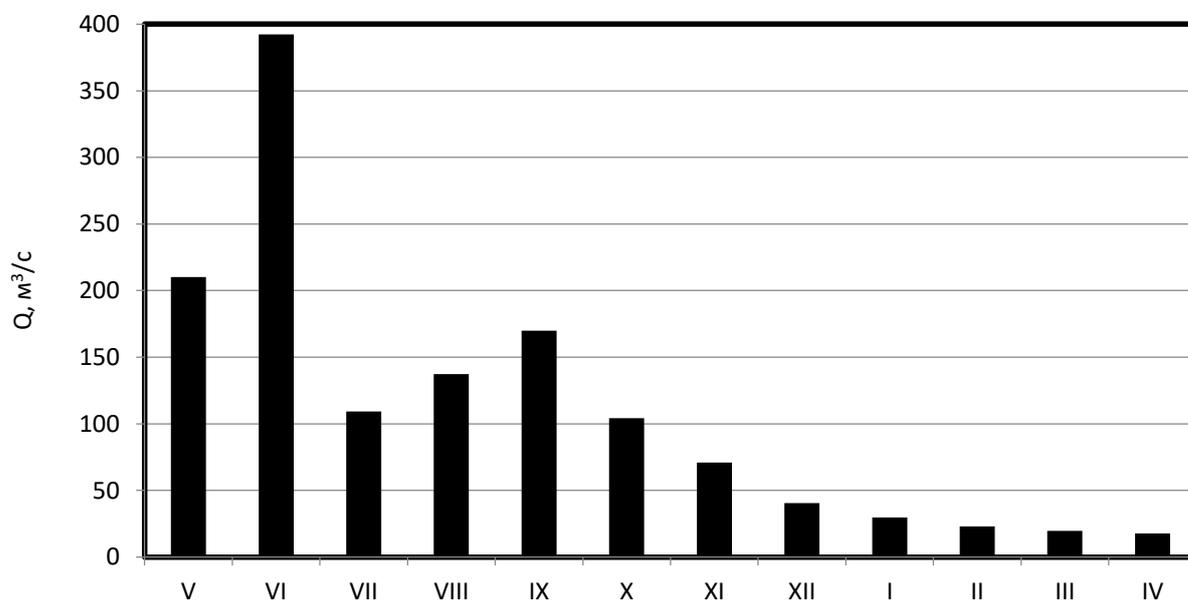


Рисунок 4.7 – Расчетный гидрограф р. Поной – с.Каневка 50% обеспеченности

Таблица 4.3.6 – Внутригодовое распределение стока р. Поной – с.Каневка 10% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	весна	лето-осень	зима	
%	26,8	16,8	9,24	6,18	9,63	7,75	4,26	2,98	1,95	1,51	1,36	0,77	52,9	27,8	19,3	100
Q, м ³ /с	453	284	156	104	162	131	71,8	50,3	32,9	25,4	23,0	13,0	892	469	326	1687

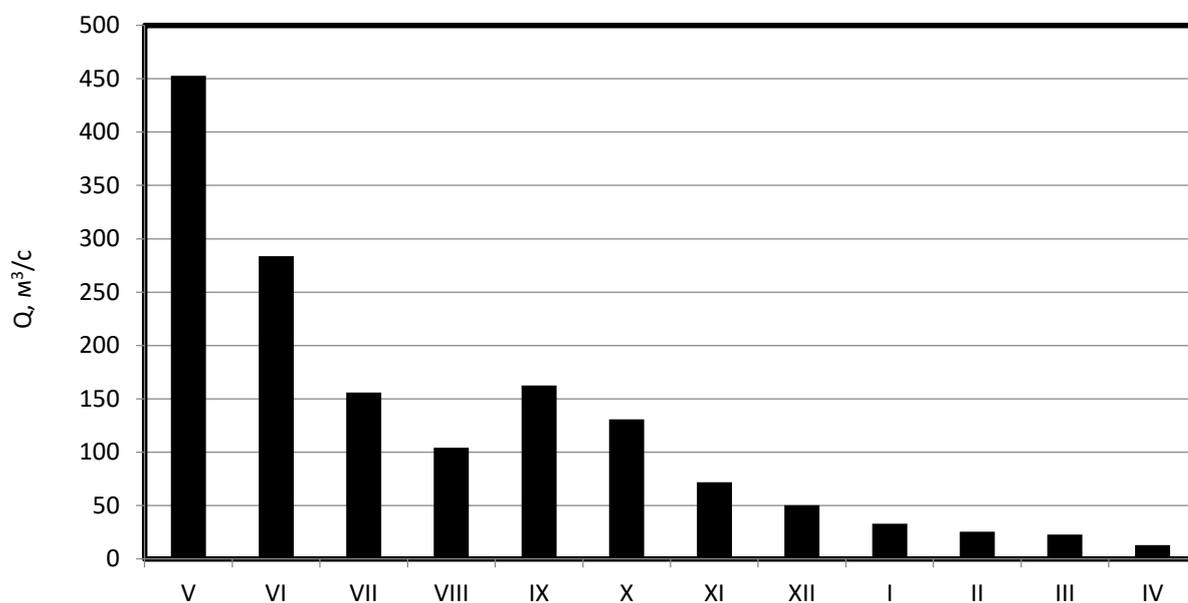


Рисунок 4.8 – Расчетный гидрограф р. Поной – с.Каневка 10% обеспеченности

4.4 Расчет внутригодового распределения стока для рек Северного края

Согласно полученным выше значениям произведен расчет внутригодового распределения стока методом компоновки за три группы водности (различные обеспеченности 10%, 50% и 90%). Аналитические кривые обеспеченностей построены по данным полученным в главе 4.2 представлены в приложении А.

Таблица 4.4.1 – Внутригодовое распределение стока р.Сояна – д.Сояна 90% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	лето-осень	зима	
%	6,03	24,0	14,0	7,9	6,76	8,57	7,57	6,03	9,81	3,33	3,04	2,90	44,1	36,9	19,1	100
Q, м ³ /с	30,4	121	70,6	40,0	34,1	43,2	38,1	30,4	49,4	16,8	15,3	14,6	222	186	96,2	504

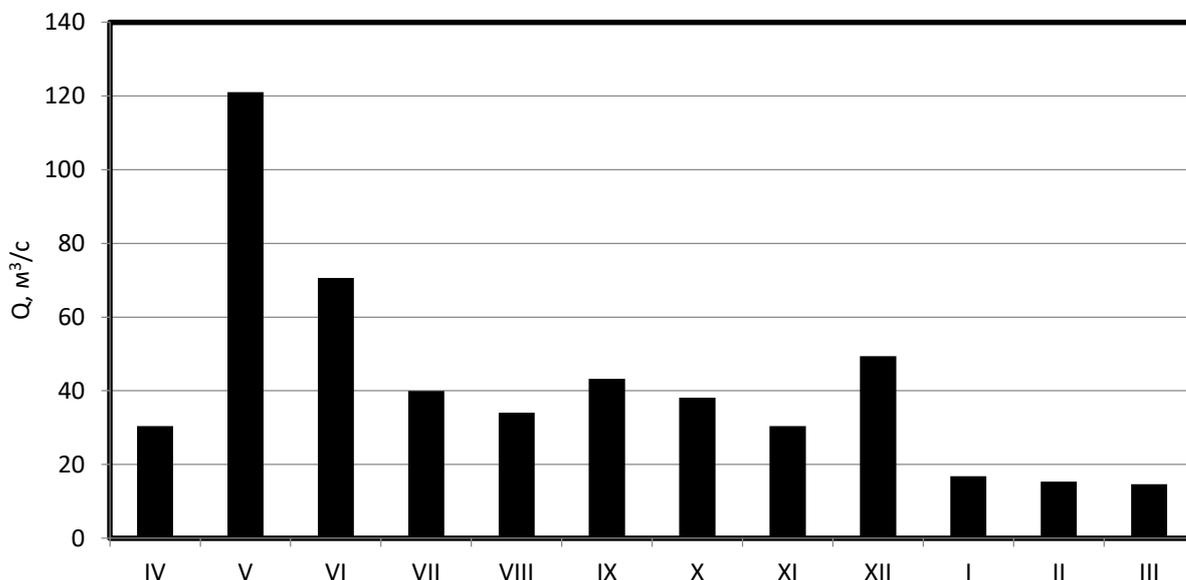


Рисунок 4.9– Расчетный гидрограф р.Сояна –д.Сояна 90% обеспеченности

Таблица 4.4.2 – Внутригодовое распределение стока р.Сояна –д.Сояна 50% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	лето-осень	зима	
%	6,63	22,3	12,3	7,47	6,13	6,99	8,16	9,74	5,88	5,11	4,72	4,51	41,2	38,5	20,2	100
Q, м ³ /с	41,0	138	76,2	46,2	37,9	43,2	50,5	60,3	36,3	31,6	29,2	27,9	255	238	125	618

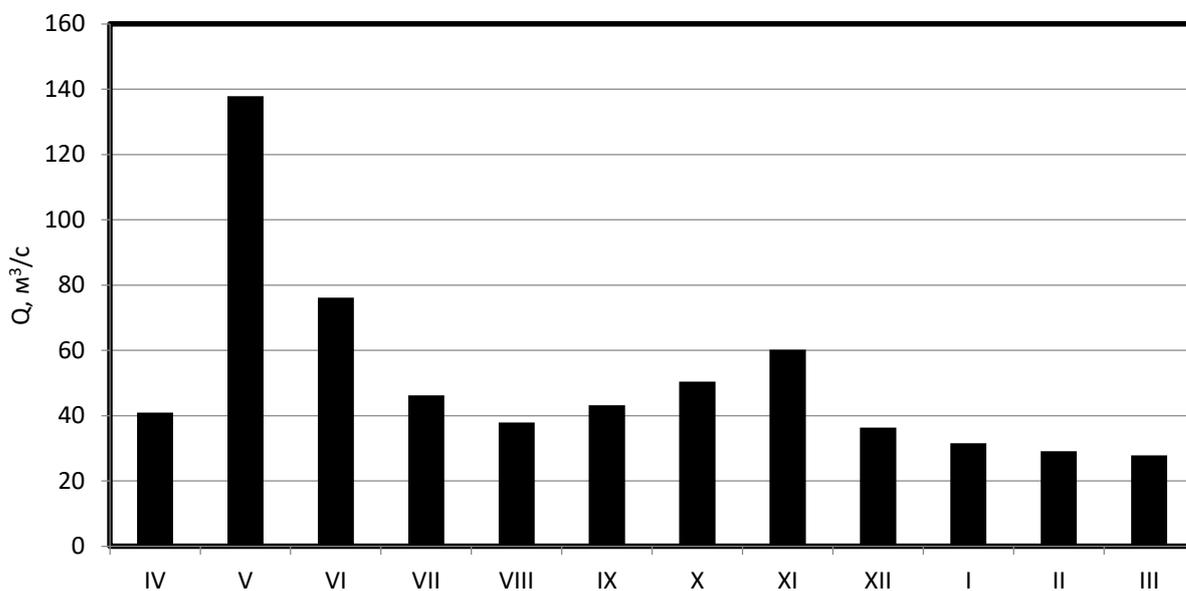


Рисунок 4.10 – Расчетный гидрограф р.Сояна –д.Сояна 50% обеспеченности

Таблица 4.4.3 – Внутригодовое распределение стока р.Сояна –д.Сояна 10% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	лето-осень	зима	
%	5,84	21,3	11,0	7,1	6,38	10,6	9,32	7,90	6,41	5,12	4,57	4,35	38,2	41,3	20,5	100
Q, м ³ /с	36,1	132	68,5	43,9	39,5	65,5	57,6	48,8	39,7	31,7	28,3	26,9	289	312	155	756

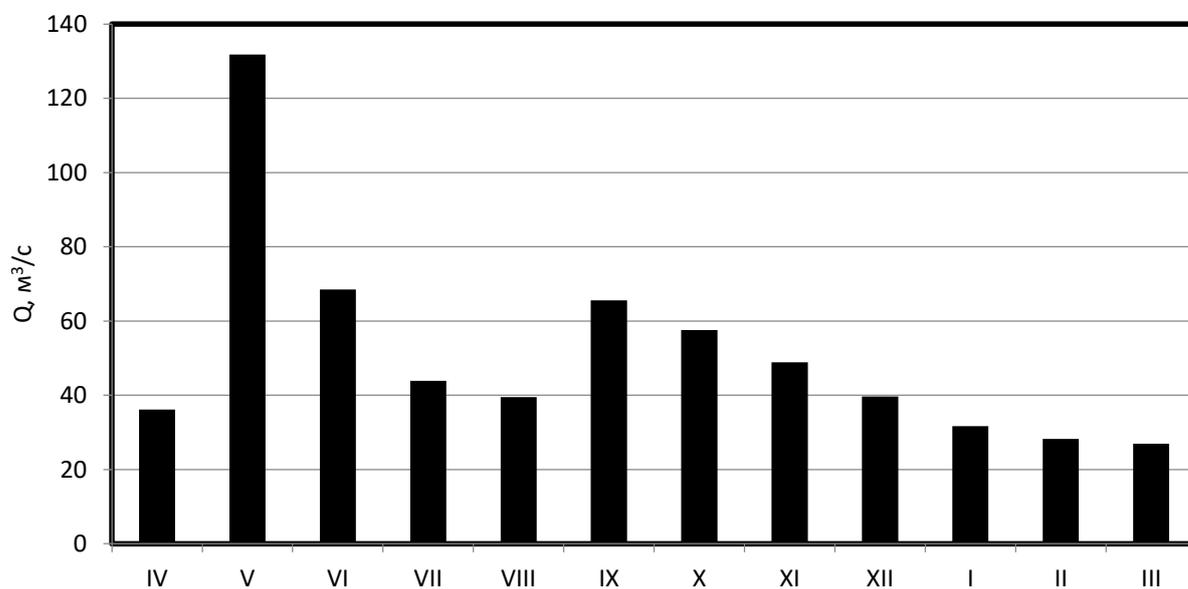


Рисунок 4.11 – Расчетный гидрограф р. Сояна –д. Сояна 10% обеспеченности

Таблица 4.4.4 – Внутригодовое распределение стока р.Пёза - д.Сафоново 90% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	лето-осень	зима	
%	3,75	43,1	17,0	6,07	4,32	5,99	8,47	3,98	2,47	1,83	1,57	1,45	63,9	28,8	7,32	100
Q, м ³ /с	17,5	200	79,3	28,2	20,1	27,9	39,4	18,5	11,5	8,53	7,30	6,73	297	134	34,1	465

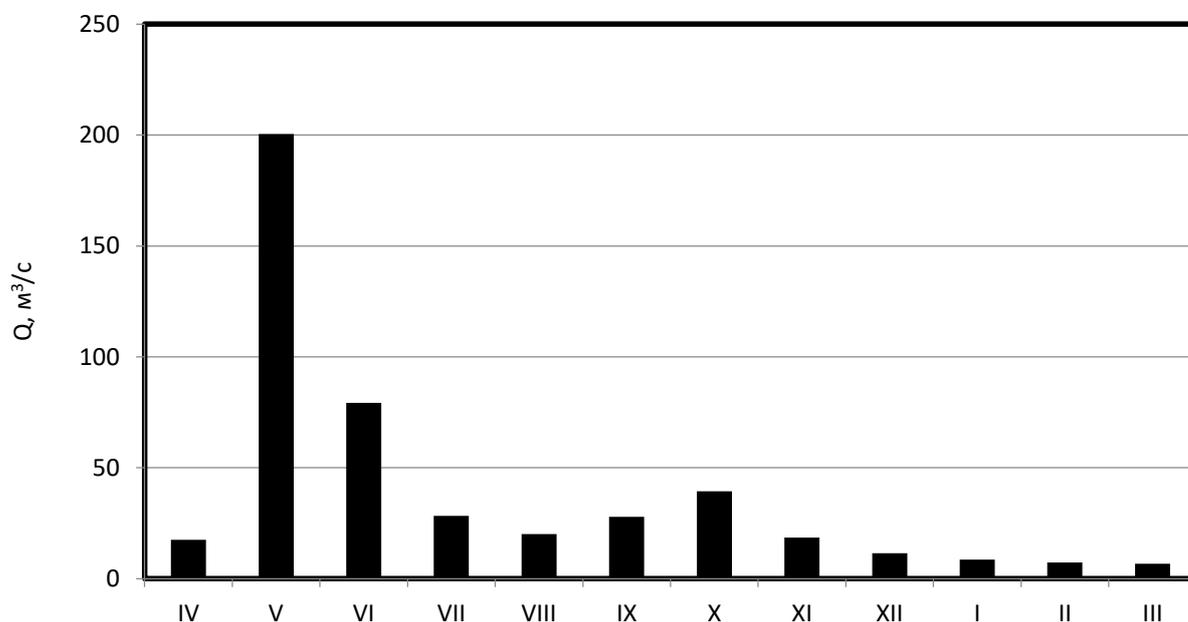


Рисунок 4.12 – Расчетный гидрограф р.Пёза - д.Сафоново 90% обеспеченности

Таблица 4.4.5 – Внутригодовое распределение стока р.Пёза - д.Сафоново 50% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	лето-осень	зима	
%	3,56	43,0	13,7	5,72	3,39	4,84	9,94	7,61	12,0	7,82	6,23	5,46	60,2	31,5	8,30	100
Q, м ³ /с	22,7	274	87	36,5	21,6	30,9	63,4	48,5	76,5	49,9	39,8	34,8	384	201	53,1	638

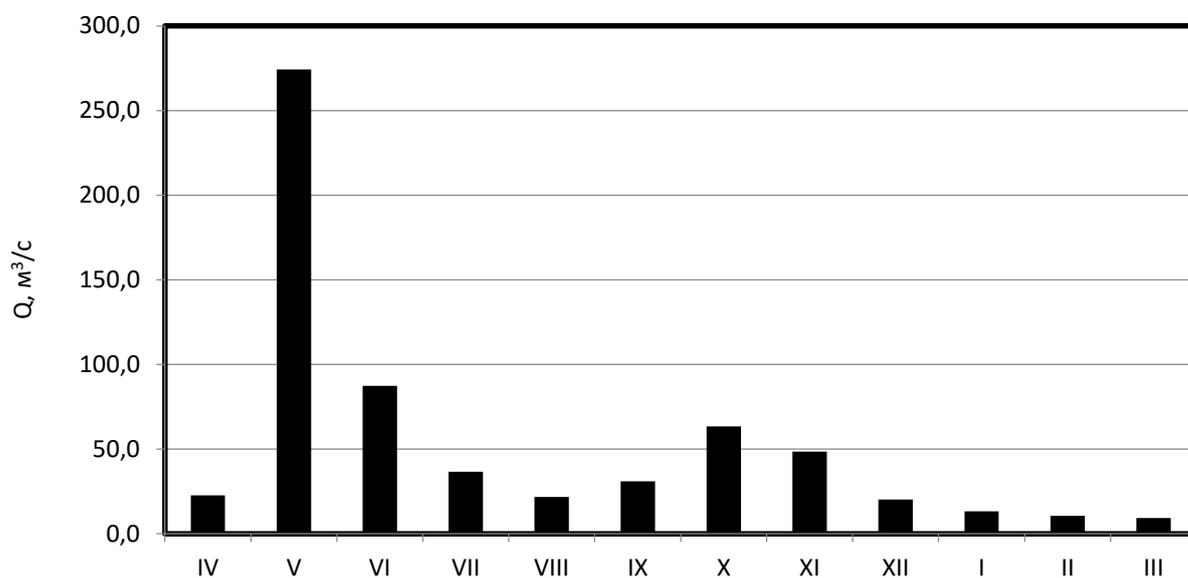


Рисунок 4.13 – Расчетный гидрограф р.Пёза - д.Сафоново 50% обеспеченности

Таблица 4.4.6 – Внутригодовое распределение стока р.Пёза - д.Сафоново 10% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	лето-осень	зима	
%	4,91	32,8	15,9	5,7	3,95	10,8	8,93	7,04	3,82	2,53	1,89	1,57	53,7	36,5	9,8	100
Q, м ³ /с	31,3	209	102	36,6	25,2	69,0	57,0	44,9	24,4	16,1	12,1	10,0	446	303	81,5	831

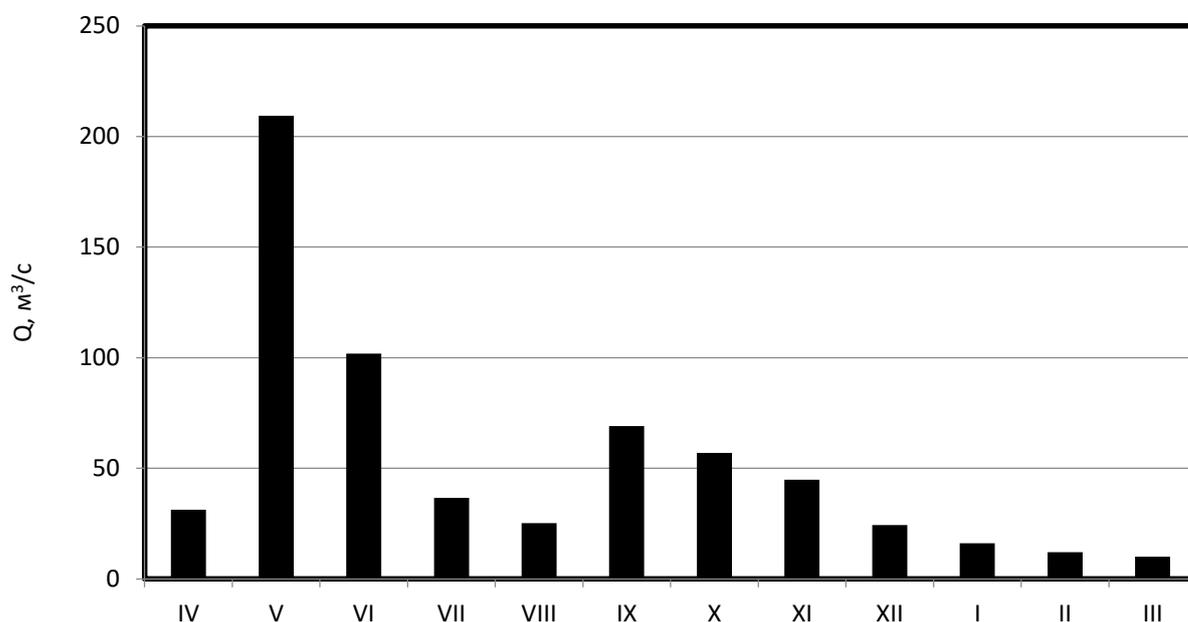


Рисунок 4.14 – Расчетный гидрограф р.Пёза - д.Сафоново 10% обеспеченности

Таблица 4.4.7 – Внутригодовое распределение стока р.Большая Лоптюга - д.Буткан 90% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	лето-осень	зима	
%	5,26	47,6	15,1	6,06	3,33	5,26	6,31	3,79	3,34	1,05	2,12	0,79	68,0	24,7	7,30	100
Q, м ³ /с	9,05	81,8	26,0	10,4	5,73	9,04	10,9	6,52	5,74	1,81	3,65	1,36	117	42,4	24,7	172

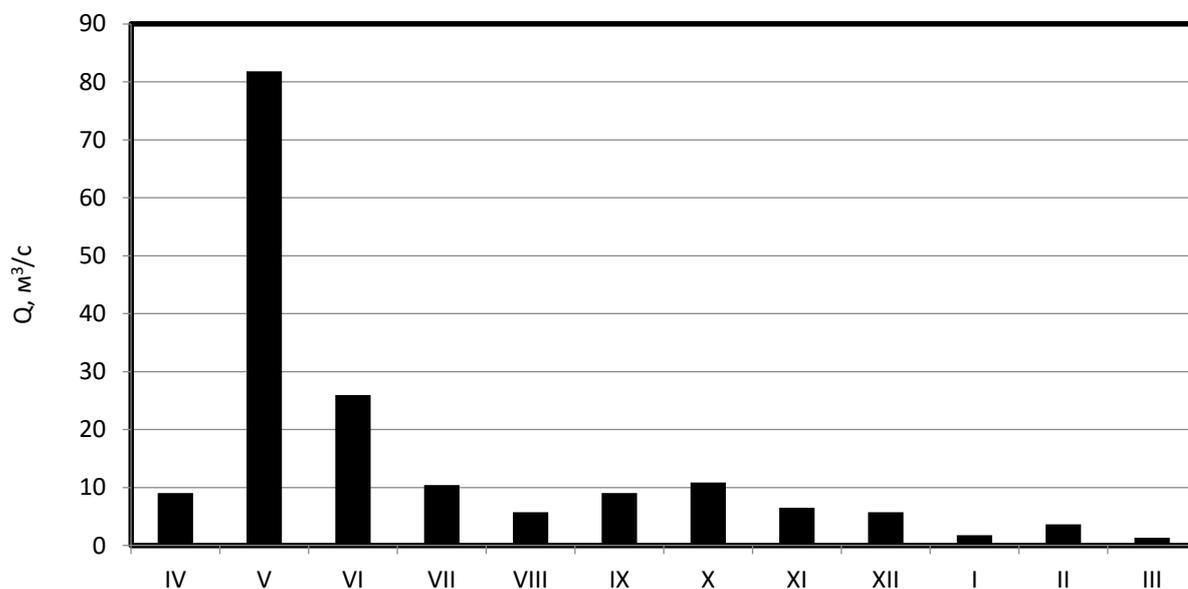


Рисунок 4.15 – Расчетный гидрограф р.Большая Лоптюга - д.Буткан 90% обеспеченности

Таблица 4.4.8 – Внутригодовое распределение стока р.Большая Лоптюга - д.Буткан 50% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	лето-осень	зима	
%	4,81	43,5	13,8	5,70	3,24	4,35	9,80	7,53	3,34	1,05	2,12	0,79	62,1	30,6	7,30	100
Q, м ³ /с	11,4	103	32,8	13,6	7,70	10,3	23,3	17,9	7,93	2,49	5,03	1,87	147	72,7	17,3	238

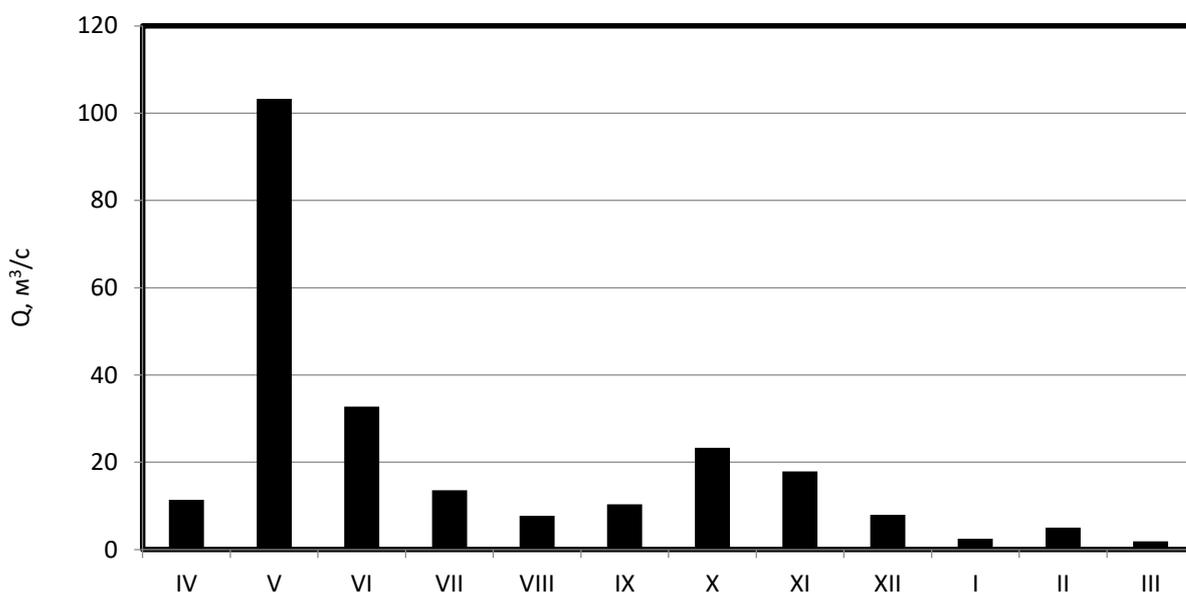


Рисунок 4.16 – Расчетный гидрограф р.Большая Лоптюга - д.Буткан 50% обеспеченности

Таблица 4.4.9 – Внутригодовое распределение стока р.Большая Лоптюга - д.Буткан 10% обеспеченности

Единицы измерения	Месячный сток												Сезонный сток			Годовой сток
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	весна	лето-осень	зима	
%	5,71	36,1	14,6	8,42	4,49	3,53	12,7	6,28	4,32	1,14	2,00	0,72	56,4	35,4	8,19	100
Q, м ³ /с	17,2	109	43,9	25,4	13,5	10,6	38,3	18,9	13,0	3,44	6,04	2,17	170	107	24,7	301

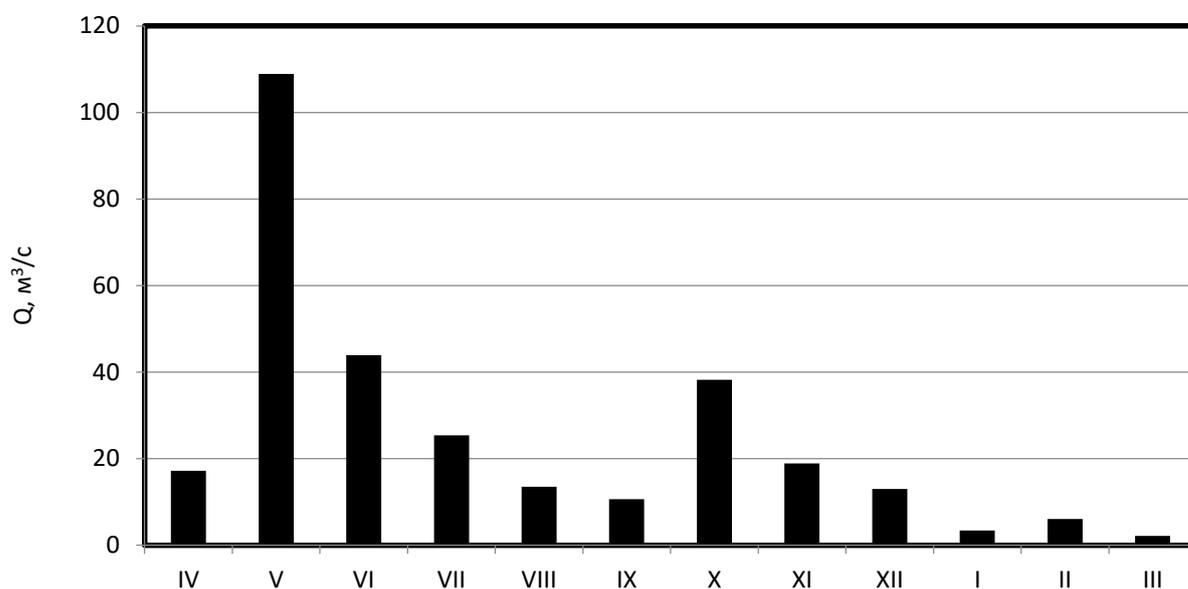


Рисунок 4.17 – Расчетный гидрограф р.Большая Лоптюга - д.Буткан 10% обеспеченности

4.5 Сравнение внутригодичного распределения стока за два различных периода

Согласно выявленным в главе 2.1 климатическим изменениям был произведен расчет внутригодичного распределения стока отдельно за современный период. Расчет выполнен методом средней градации водности за период наблюдений с конца 1990-х – начала 2000-х годов.

Полученные результаты представлены в графическом виде на рисунках 4.18– 4.30. Черным цветом показаны общий период, красным – современный.

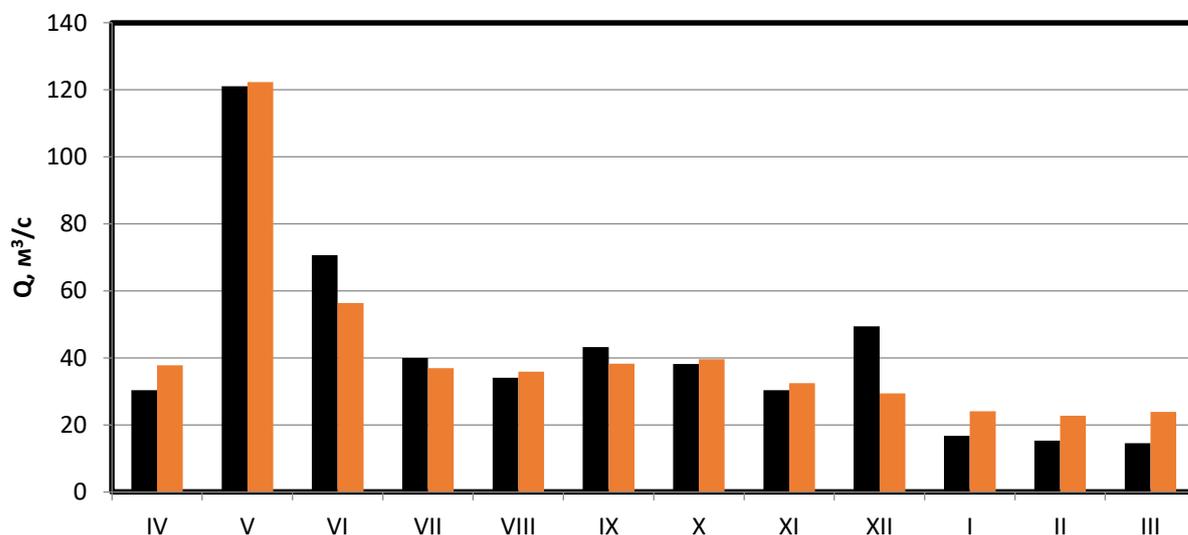


Рисунок 4.18 – Внутригодичное распределение стока р.Сояна – д.Сояна 90% обеспеченности

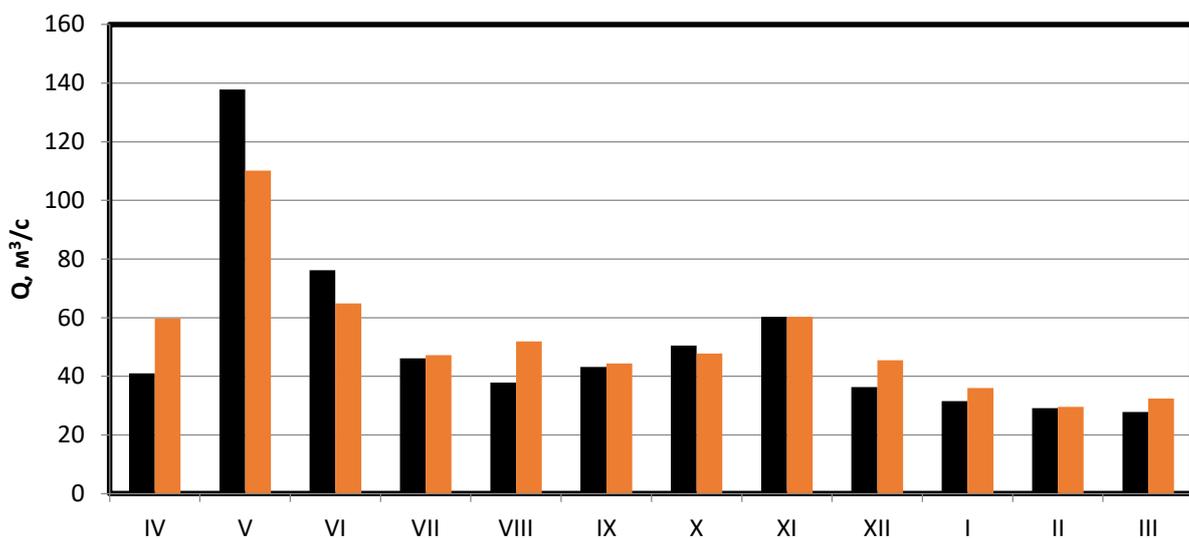


Рисунок 4.19– Внутригодовое распределение стока р.Сояна – д.Сояна 50%
обеспеченности

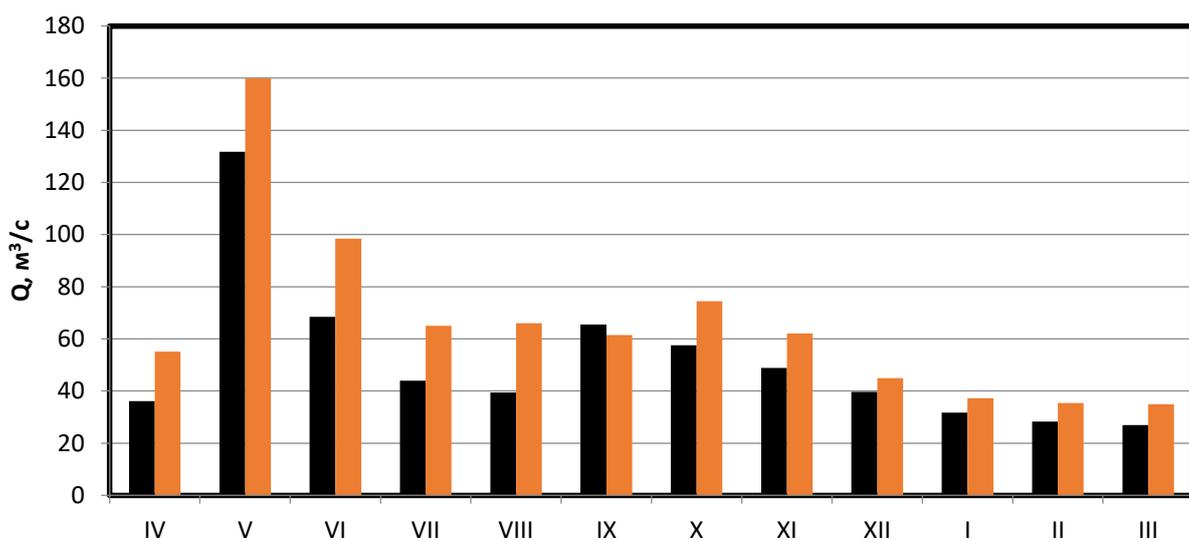


Рисунок 4.20– Внутригодовое распределение стока р. Сояна – д.Сояна 10%
обеспеченности

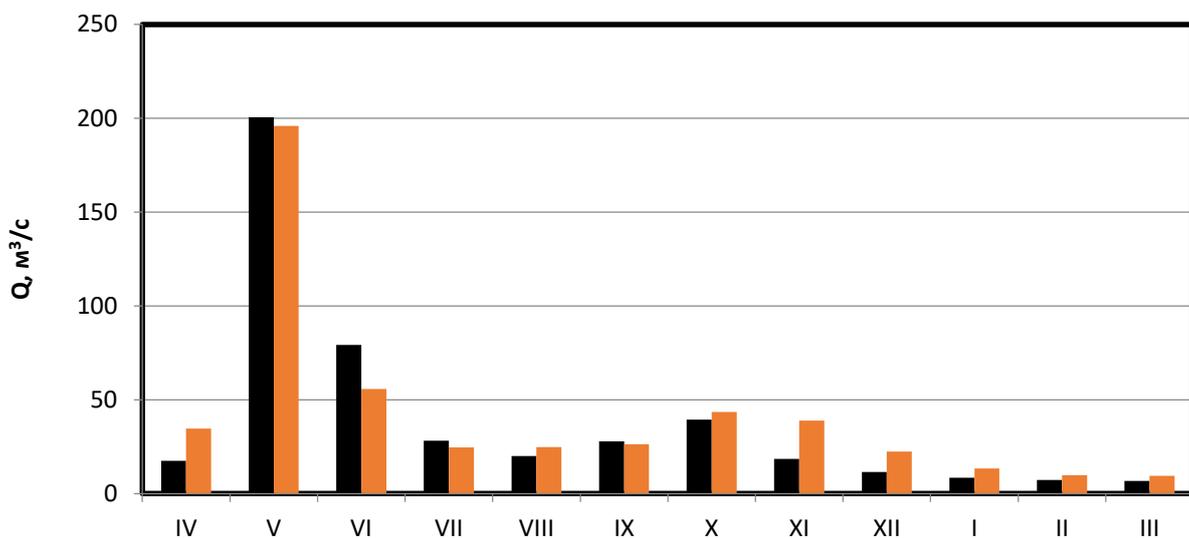


Рисунок 4.21 – Внутригодовое распределение стока р. Пеза– д. Сафоново 90% обеспеченности

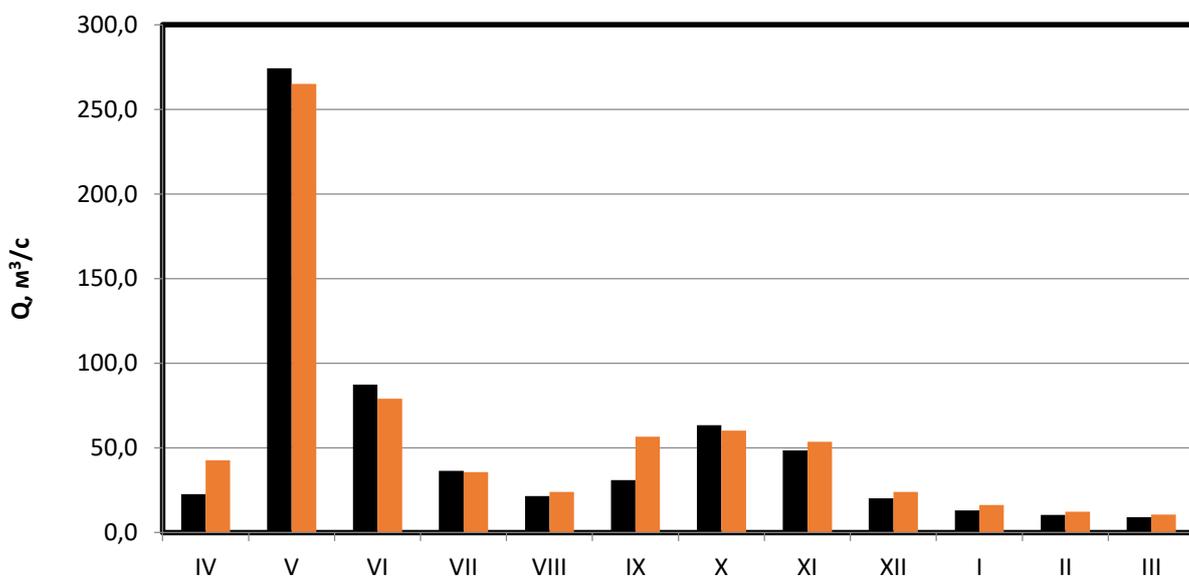


Рисунок 4.22 – Внутригодовое распределение стока р. Пеза– д. Сафоново 50% обеспеченности

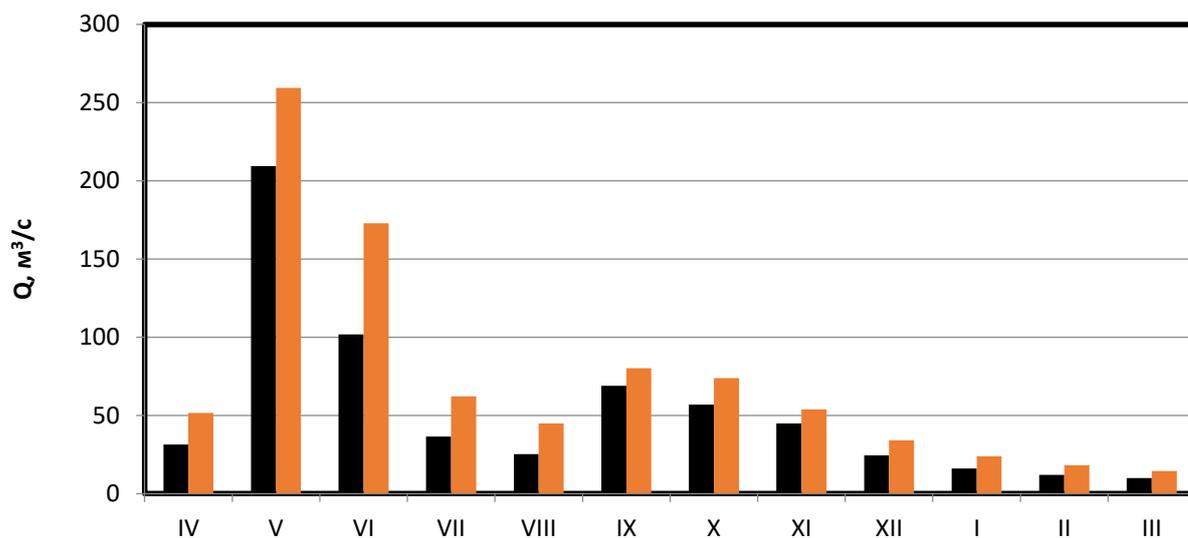


Рисунок 4.23– Внутригодовое распределение стока р. Пеза– д. Сафоново 10% обеспеченности

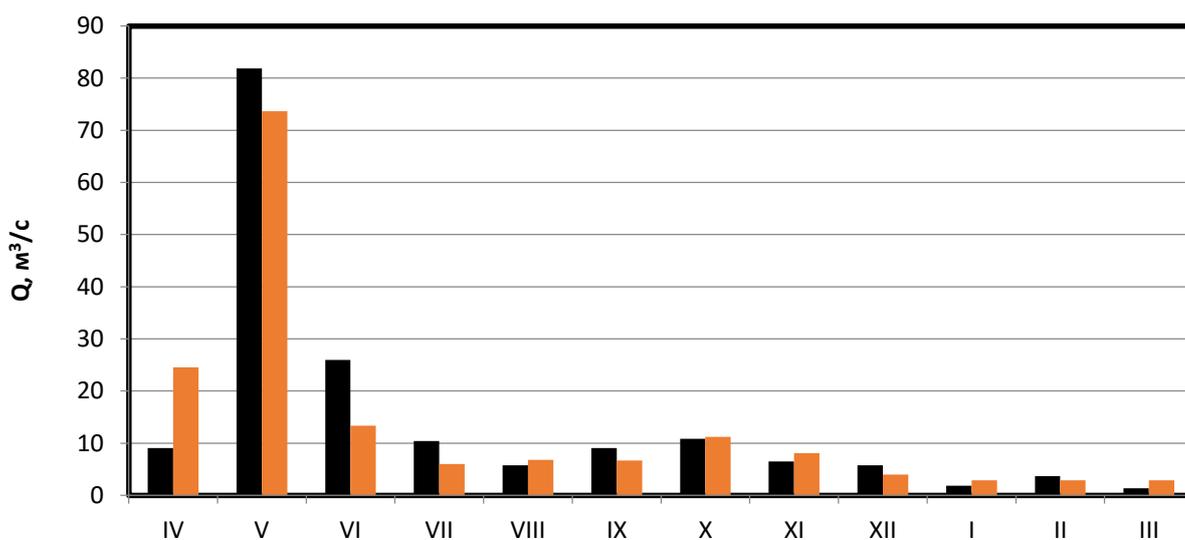


Рисунок 4.24 – Внутригодовое распределение стока р. Большая Лоптюга - д.Буткан 90% обеспеченности

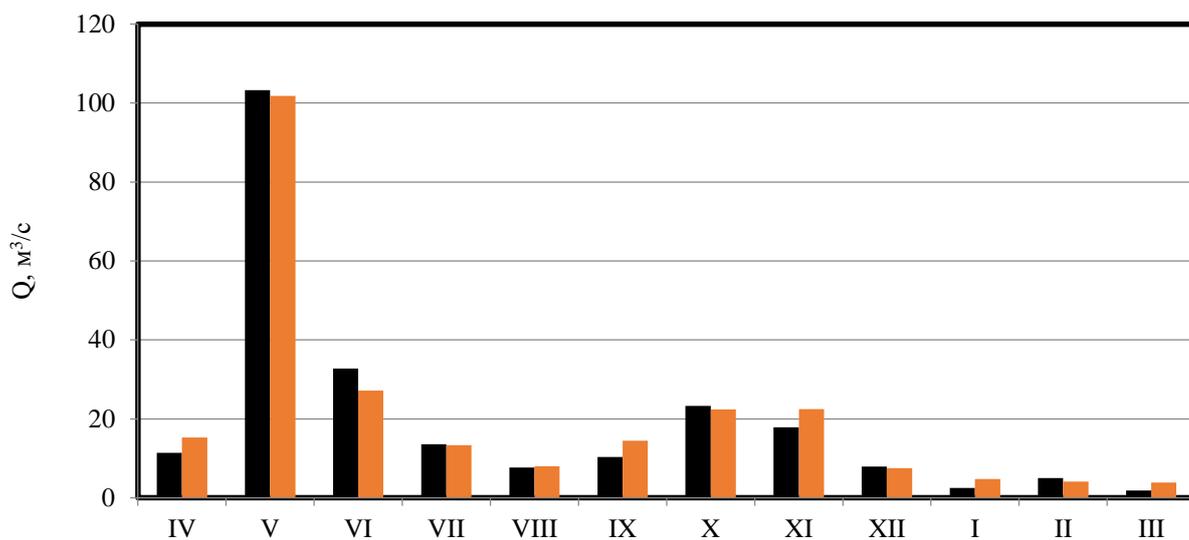


Рисунок 4.25 – Внутригодовое распределение стока р. Большая Лоптюга - д.Буткан 50% обеспеченности

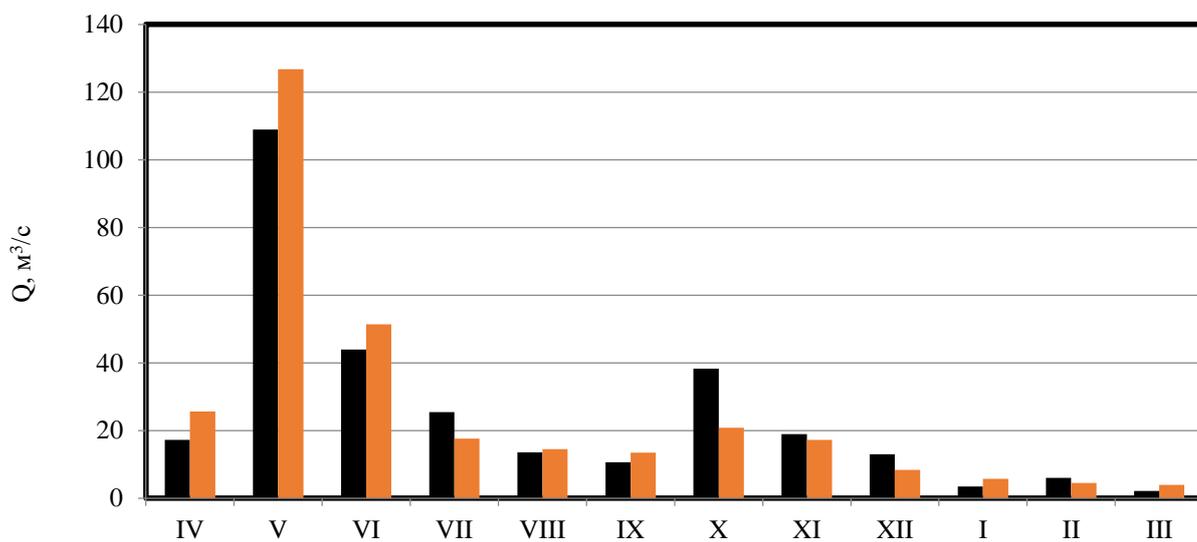


Рисунок 4.26 – Внутригодовое распределение стока р. Большая Лоптюга - д.Буткан 10% обеспеченности

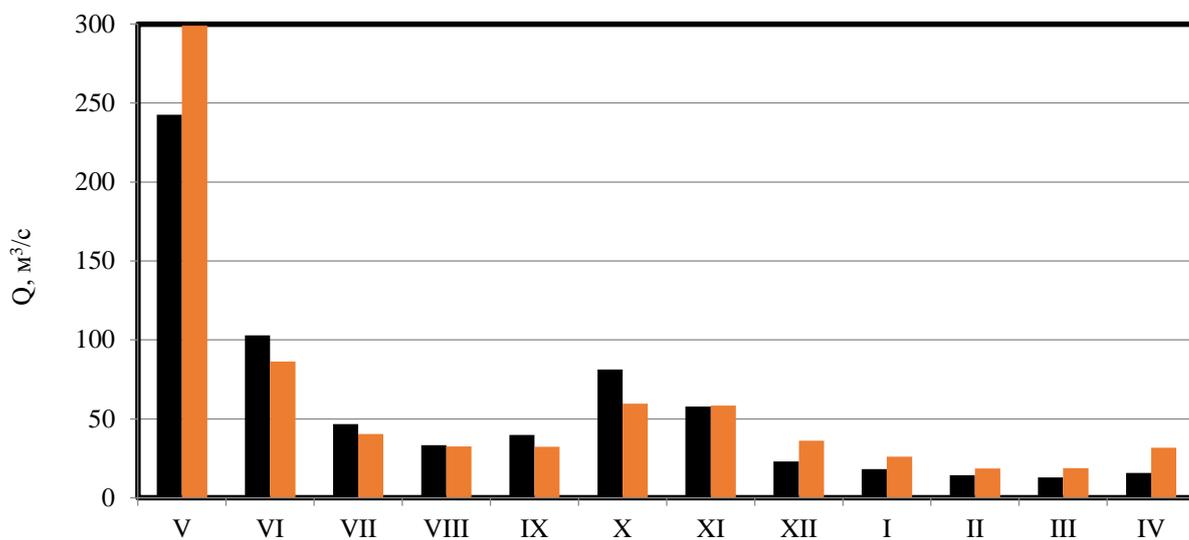


Рисунок 4.27– Внутригодовое распределение стока р. Варзуга – с.Варзуга
90% обеспеченности

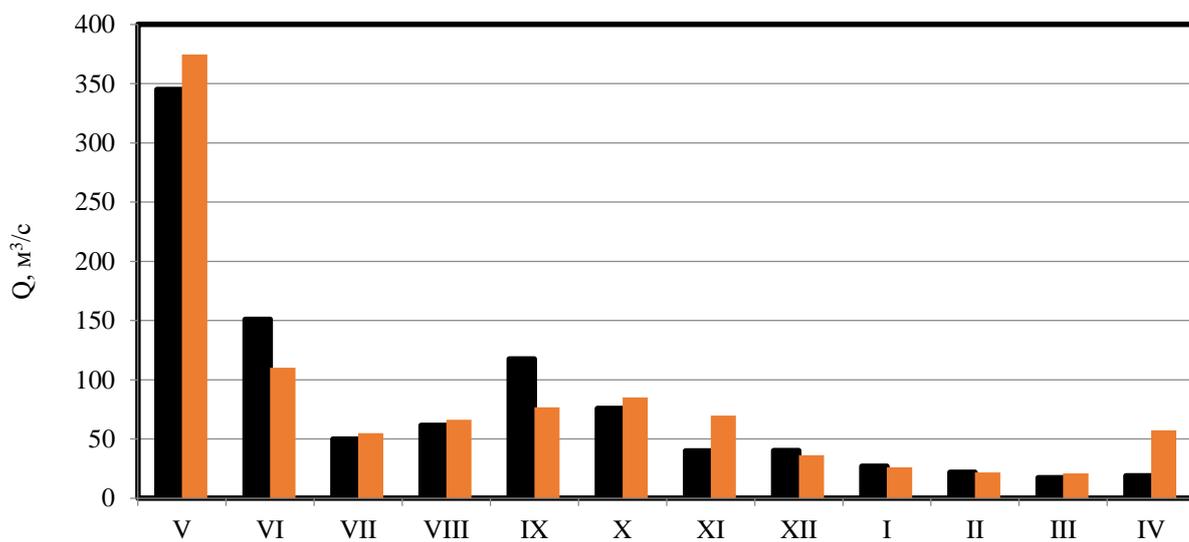


Рисунок 4.28– Внутригодовое распределение стока р. Варзуга – с.Варзуга
50% обеспеченности

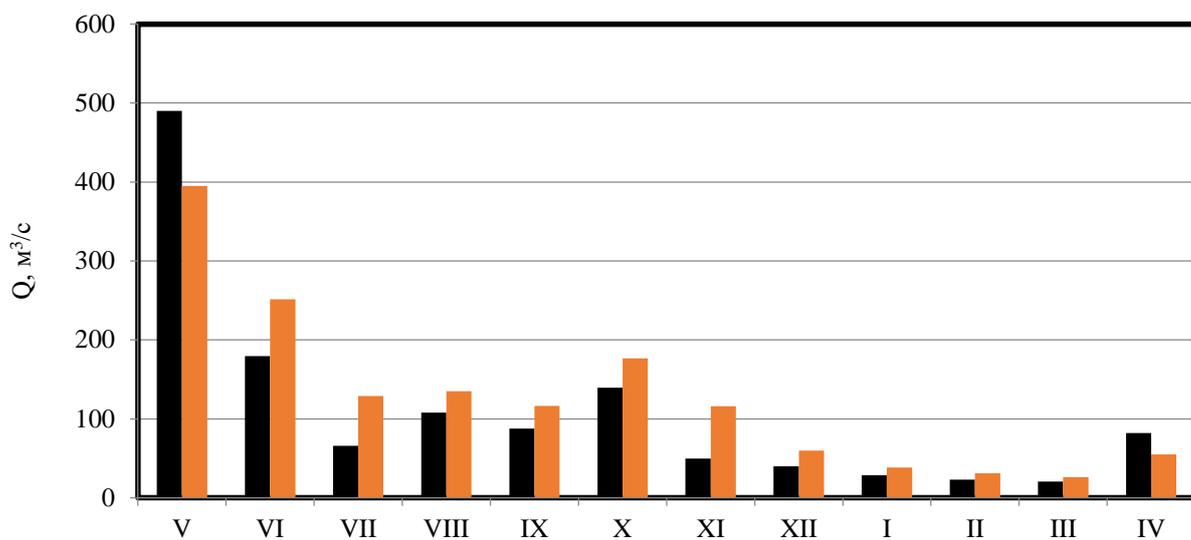


Рисунок 4.29– Внутригодовое распределение стока р. Варзуга – с.Варзуга
10% обеспеченности

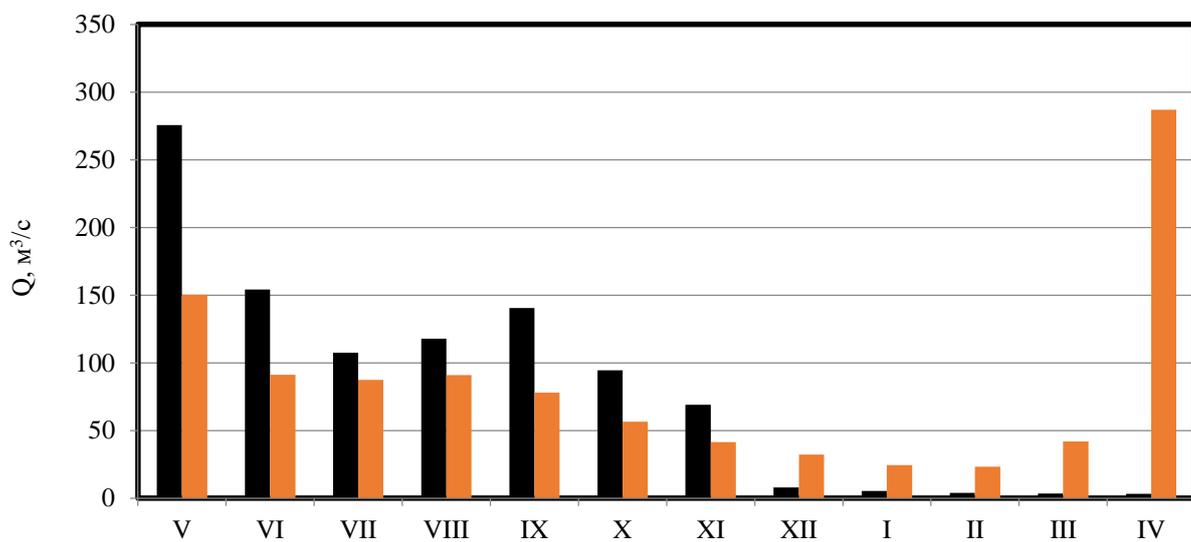


Рисунок 4.30– Внутригодовое распределение стока р. Поной –с. Каневка 90%
обеспеченности

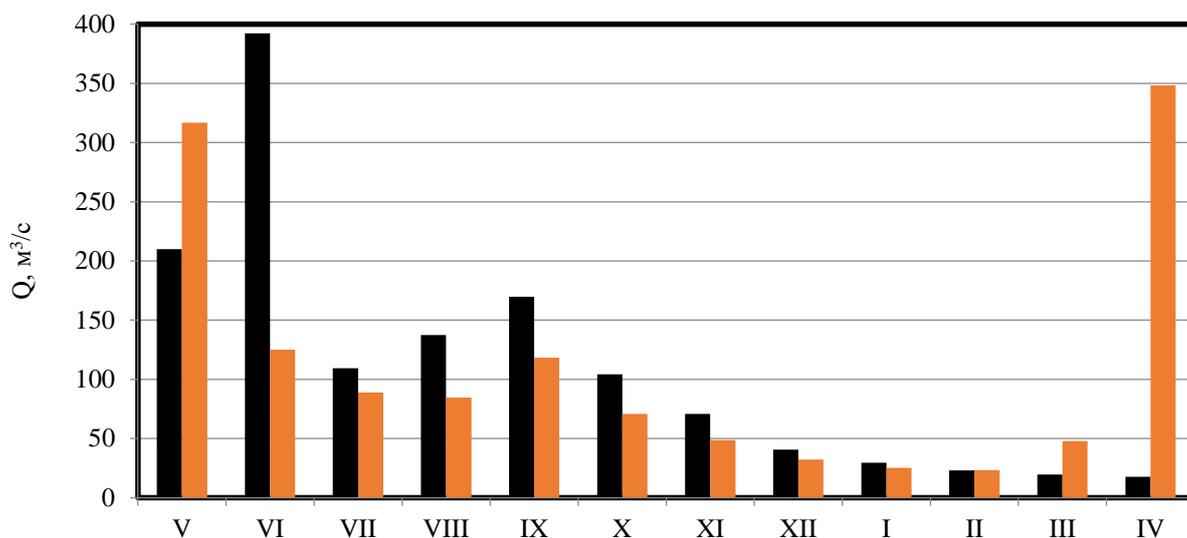


Рисунок 4.31 – Внутригодовое распределение стока р. Поной – с. Каневка
50% обеспеченности

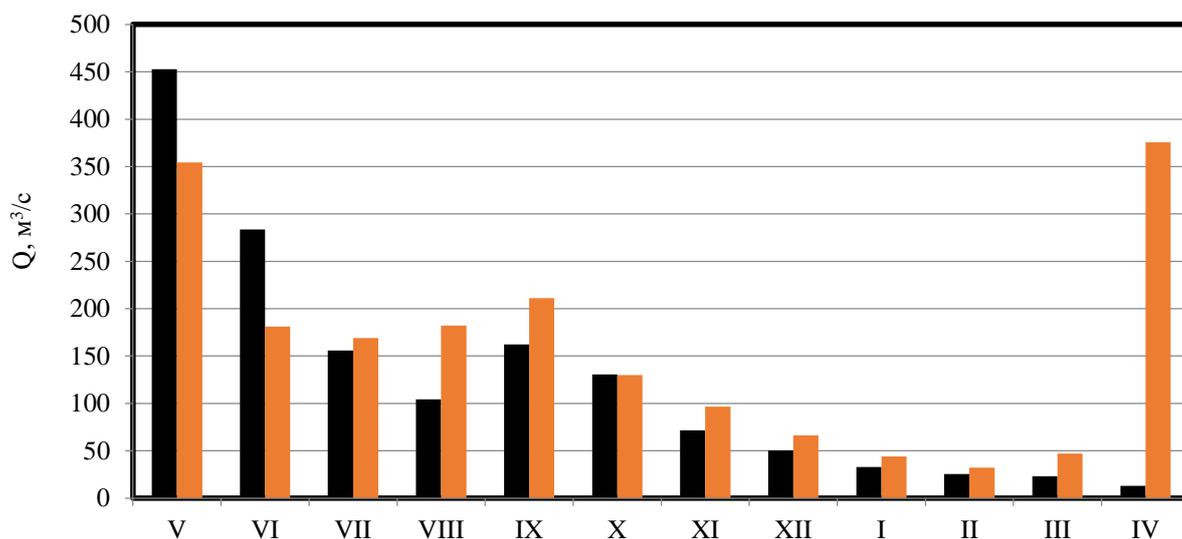


Рисунок 4.32– Внутригодовое распределение стока р.Поной –с. Каневка 10%
обеспеченности

В таблице 4.5.1 указаны в процентах и расходах объемы стока в сравнениях за нелIMITирующий период, лIMITирующий сезон и нелIMITирующий сезон.

Таблица 4.5.1 – Сравнительная таблица объемов стока за весь период наблюдений и за период наблюдений с 1990х гг.

Река-Пост	Ед.измер	Весь период наблюдений			Современный период		
		Сезоны					
		Весна	Лето-осень	Зима	Весна	Лето-осень	Зима
90% обеспеченность							
р. Сояна – д.Сояна	%	44,1	36,9	19,1	43,3	36,7	20,0
	Q, м ³ /с	222	186	96,2	217	183	100
р. Пёза – д. Сафоново	%	63,9	28,8	7,32	57,3	31,7	11,1
	Q, м ³ /с	297	134	34,1	286	158	55,3
р. Большая Лоптюга - д.Буткан	%	68,0	24,7	7,30	68,4	23,8	7,75
	Q, м ³ /с	117	42,4	24,7	112	38,9	12,6
р.Варзуга - с.Варзуга	%	50,2	37,6	12,2	52,1	30,2	17,8
	Q, м ³ /с	346	259	84,1	385	223	131
р. Поной - с. Каневка	%	54,7	42,9	2,44	32,8	26,6	40,7
	Q, м ³ /с	537	422	24,0	329	267	409
50% обеспеченность							
р. Сояна – д.Сояна	%	41,2	38,5	20,2	37,3	39,9	22,8
	Q, м ³ /с	255	238	125	235	252	144
р. Пёза – д. Сафоново	%	60,2	31,5	8,30	56,9	33,9	9,3
	Q, м ³ /с	384	201	53,1	387	230	63,1
р. Большая Лоптюга - д.Буткан	%	62,1	30,6	7,30	58,9	32,9	8,24
	Q, м ³ /с	147	72,7	17,3	144	80,6	20,2
р. Варзуга - с.Варзуга	%	51,4	35,7	12,9	48,5	35,3	16,3
	Q, м ³ /с	496	345	125	485	353	163
р. Поной – с. Каневка	%	54,4	36,9	8,64	39,9	24,2	35,9
	Q, м ³ /с	712	483	113	531	322	477
10% обеспеченность							
р. Сояна – д.Сояна	%	38,2	41,3	20,5	39,4	41,4	19,2
	Q, м ³ /с	289	312	155	313	329	152
р. Пёза – д.Сафоново	%	53,7	36,5	9,8	54,4	35,4	10,2
	Q, м ³ /с	446	303	81,5	484	315	91
р. Большая Лоптюга - д.Буткан	%	56,4	35,4	8,19	65,8	27,0	7,26
	Q, м ³ /с	170	107	24,7	204	83,6	22,5
р. Варзуга - с.Варзуга	%	51,0	34,3	14,8	42,3	44,0	13,8
	Q, м ³ /с	670	450	194	647	673	211
р. Поной – с. Каневка	%	52,9	27,8	19,3	37,3	32,8	29,9
	Q, м ³ /с	892	469	326	705	620	565

Можно отметить, что идет перераспределение стока внутри года.

Для маловодных лет наблюдается увеличение зимнего стока и незначительное перераспределение весеннего и летнего стока. При этом во всех случаях, кроме реки Поной о которой скажем ниже, идет увеличения стока в первый весенний месяц.

Для средних по водности лет наблюдается уменьшение весеннего стока и увеличение стока в зимний период. Весной происходит перераспределение стока – уменьшение в первый весенний месяц и увеличение во второй.

Для многоводных лет наблюдается картина не столь четкая. Для рек Северного края наблюдается увеличение стока весной и перераспределение стока в другие сезоны года, но при этом практически во все месяцы сток увеличивается по сравнению с начальным периодом. Для реки Варзуга (Кольский полуостров) мы видим уменьшение весеннего стока и увеличение расходов в летне-осенние месяцы.

Отдельно рассмотрим ситуацию с рекой Поной. Как видно из графиков, происходит значительное перераспределение стока, увеличение стока в апреле, то есть резкое увеличение стока в последний месяц зимы. Правильнее в данном случае будет изменить начало водохозяйственного года, сместить его на апрель, провести новую разбивку на сезоны и периоды, но этот вопрос требует дополнительного анализа данных, в том числе по соседним рекам региона, которые не исследовались в данной работе. Мы можем лишь констатировать наличие изменений и необходимости дальнейшего учета их в практике гидрологических расчетов.

Заключение

В данной работе выполнен расчет и анализ внутригодового распределения рек бассейна Белого море. Были взяты данные по рекам, протекающим на территории Кольского полуострова – р.Варзуга и р.Поной и по территории Северного Края – р.Сояна, р. Пёза и р. Большая Лоптюга.

На основе метеорологических данных был сделан вывод об изменении климата с конца 1990-х г., показано изменения внутригодового распределения стока за различные периоды.

Список использованных источников

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. — Том 1 Кольский полуостров. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. — 316 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. — Том 3 Северный Край. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. — 320 с.
3. Климат Мурманской области. — Текст: электронный // Мурманская государственная областная универсальная научная библиотека [сайт]. — URL: <http://www.mgounb.ru/murmanskaya-oblast-kolskiy-poluostrov/> (дата обращения: 12.02.2022).
4. Евзеров В. Я. Последствия климатических изменений четвертичного периода в Кольском регионе (на примере поздневалдайского оледенения и голоцена) / В. Я. Евзеров // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2016. — № 2. — С. 5–18.
5. Грищенко, И. В. Тенденции в изменении климата и опасных погодных явлений на территории Архангельской области и Ненецкого автономного округа / И. В. Грищенко, Т. Е. Водовозова. — Текст: непосредственный // Окружающая среда. — 2011. — № . — С. 22-27.
6. Дёмин, В. И. Основные климатические тенденции на Кольском полуострове за период инструментальных метеорологических измерений / В. И. Дёмин. — Текст: непосредственный// Кольский научный центр РАН, 2012. — С. 99-110.
7. Филатов, Н. Н. Влияние климатических и антропогенных факторов на состояние системы «Белое море – водосбор» / Н. Н. Филатов, Л. Е. Назарова, П. В. Дружинин. — Текст : непосредственный // Труды Карельского научного центра РАН. — 2019. — № 9. — С. 30-50.
8. Сумма осадков. — Текст: электронный // ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД" : [сайт]. — URL: <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation> (дата обращения: 20.02.2022).

9. Температура воздуха. — Текст: электронный // ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД" : [сайт]. — URL: <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation> (дата обращения: 20.02.2022).
10. Владимирова, А. М. Гидрологические расчёты / А. М. Владимирова. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. — 366 с.
11. Сикан, А. В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. / А. В. Сикан. — СПб: РГГМУ, 2007. — 279 с
12. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. — Санкт-Петербург: ГГИ, 2005. — 101 с. — Текст: непосредственный
13. СП 33-11-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик». Госстрой России, Москва, 2003.-74 с.
14. Методические указания по дисциплине «Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений». — СПб.: изд. РГГМУ, 2012. — 40 с.
15. Основные гидрографические характеристики / И. Н. Моисеев. — Том 3 Северный край. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1966.
16. Шмидт, Т. С. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши / Т. С. Шмидт, Н. Ф. Грачёва. — Том I, Выпуск 8. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1986.
17. Основные гидрографические характеристики / И. Н. Моисеев. — Том 1, Выпуск 6

Приложение

Приложение А

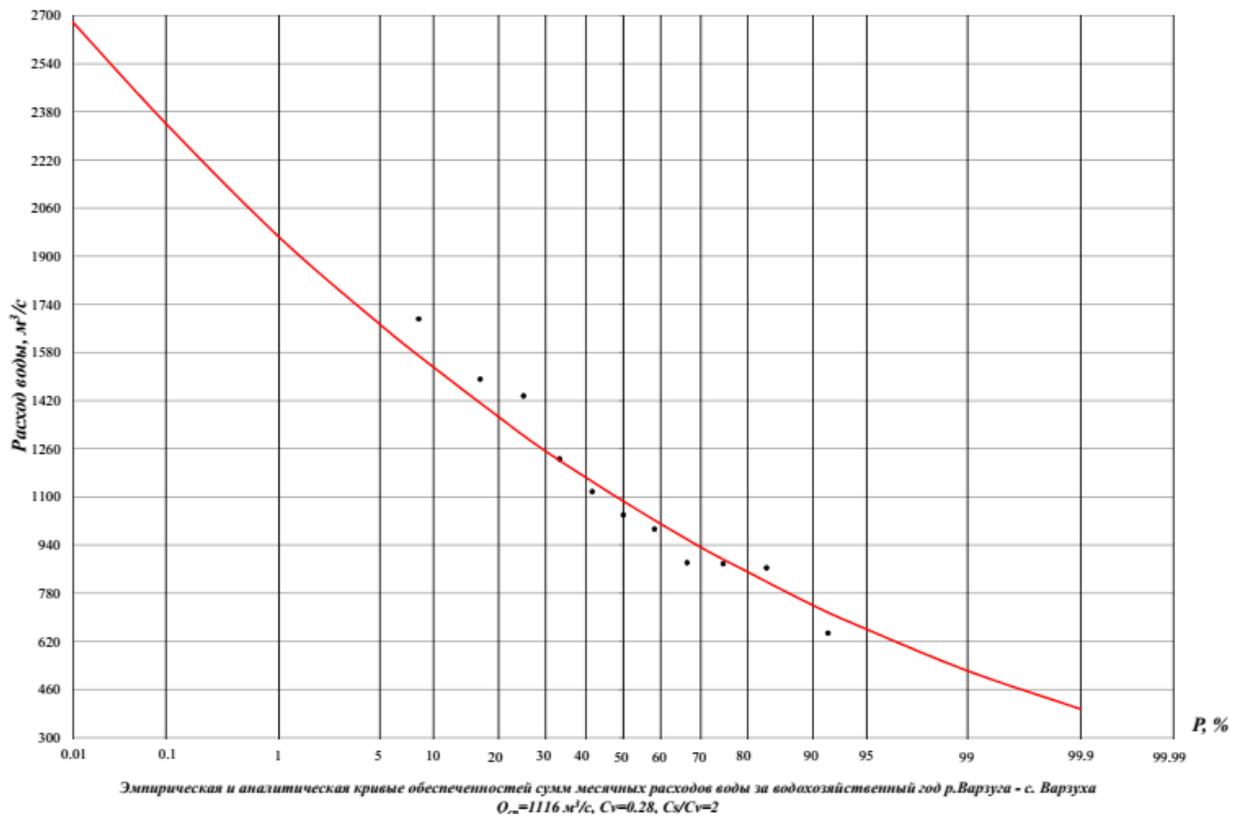


Рисунок А.1 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей сумм месячных расходов воды за водохозяйственный год р.Варзуга – с.Варзуга

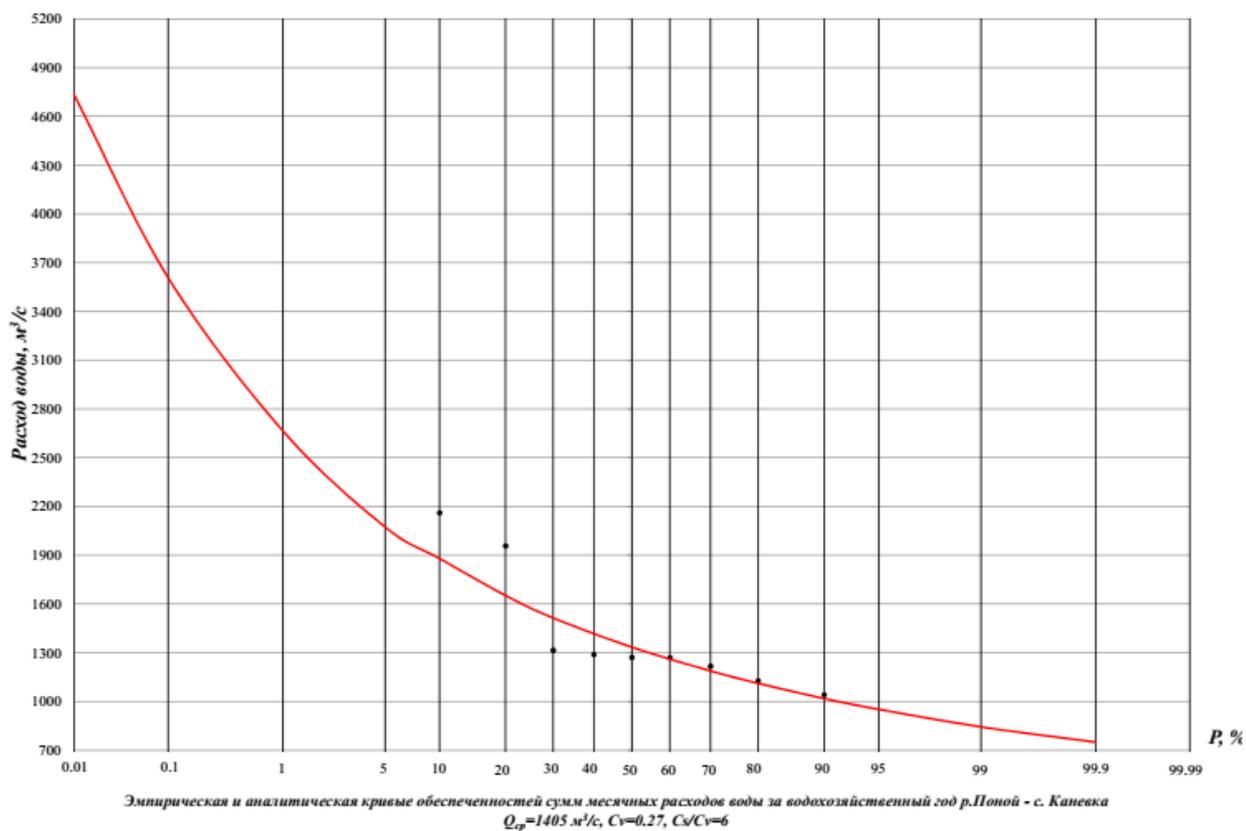


Рисунок А.2 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей сумм месячных расходов воды за водохозяйственный год р.Поной – с.Каневка

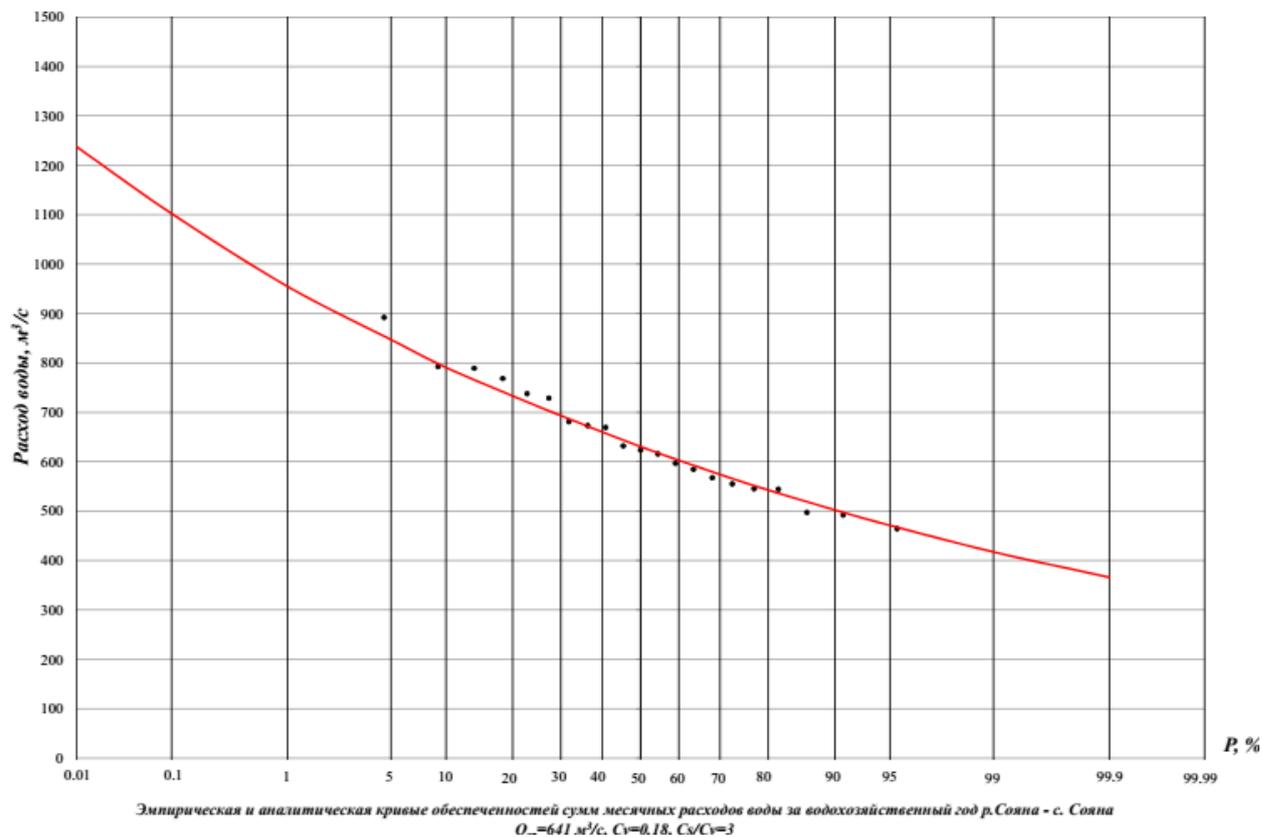


Рисунок А.3 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей сумм месячных расходов воды за водохозяйственный год р.Сояна – с.Сояна

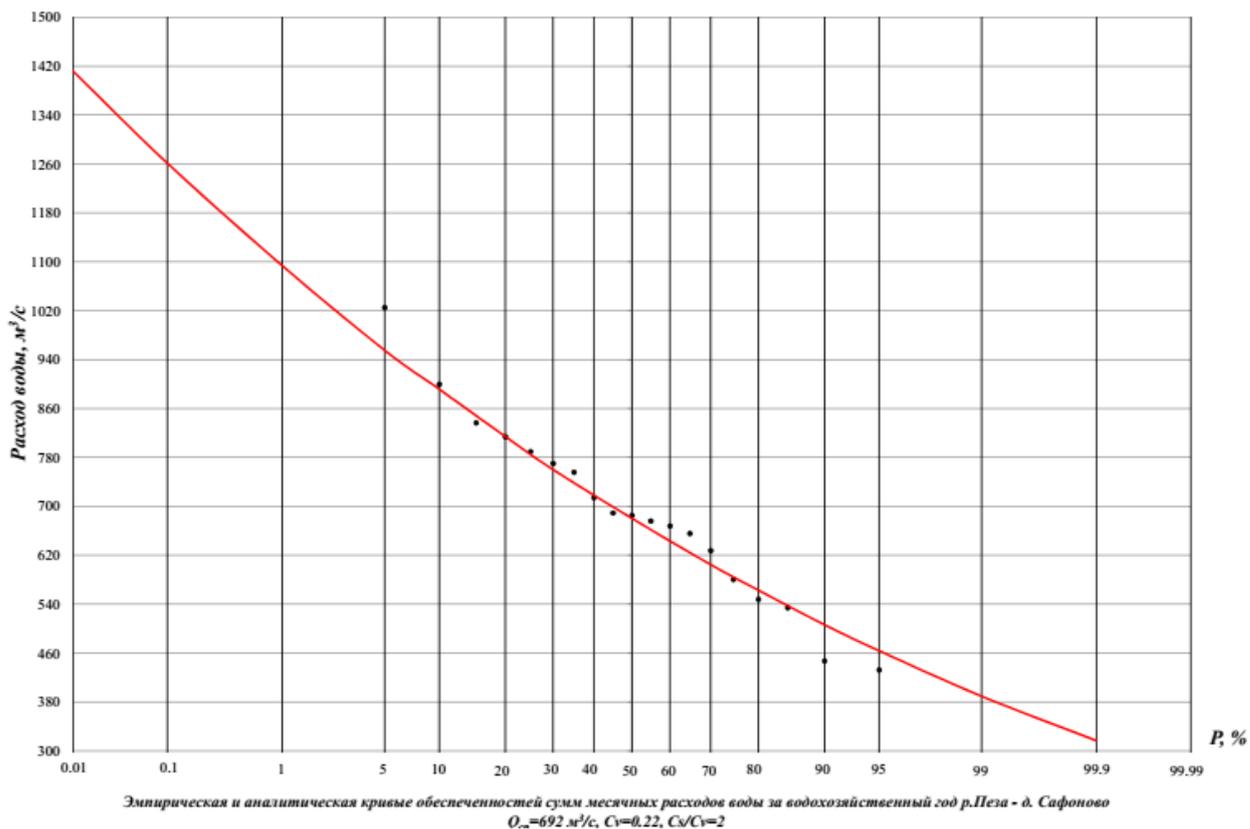


Рисунок А.4 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей сумм месячных расходов воды за водохозяйственный год р.Пёза – д.Сафоново

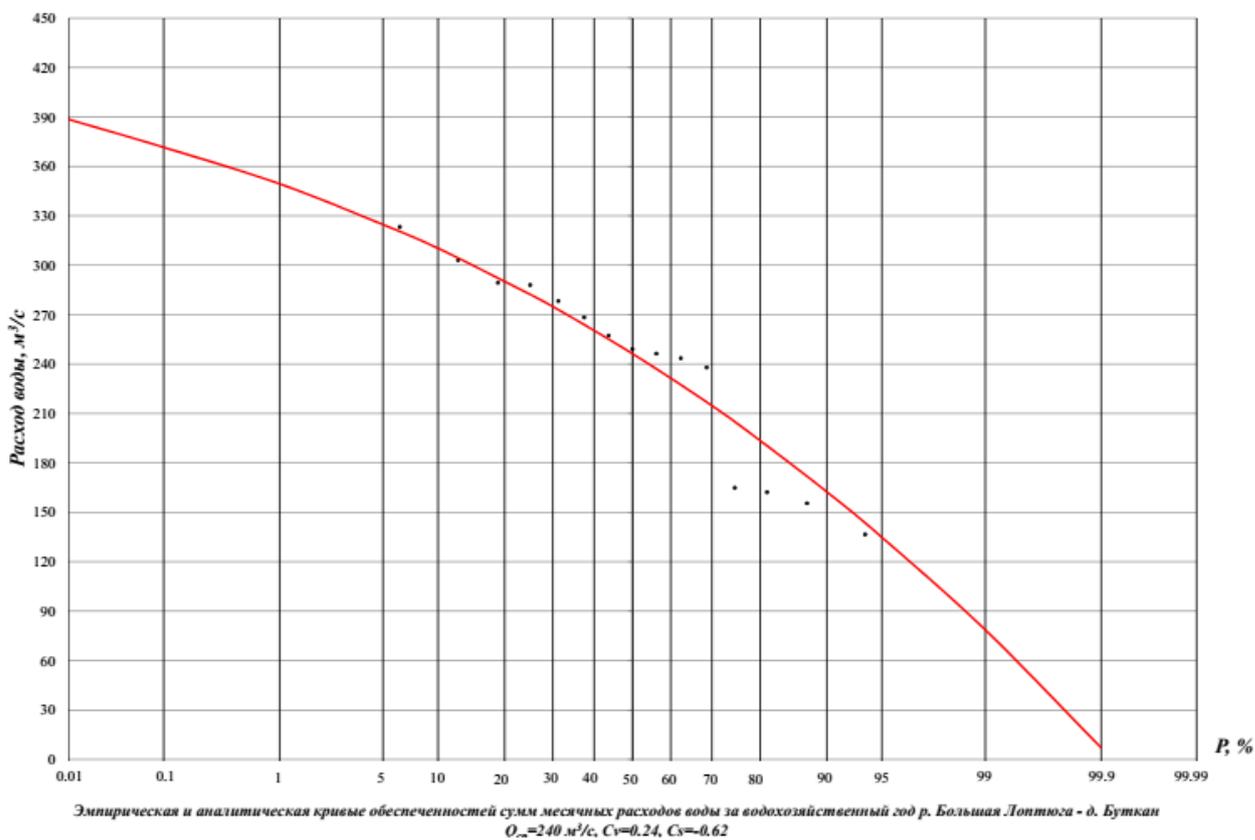


Рисунок А.5 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей сумм месячных расходов воды за водохозяйственный год р.Большая Лоптюга – д.Буткан