



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

Кафедра Гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(дипломный проект)

На тему **Максимальный сток рек
бассейна р. Мезень**

Исполнитель Андраханов Олег Николаевич

Руководитель кандидат географических наук, ст. преподаватель

Малышева Наталья Геннадьевна

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**

(подпись)

канд. геогр. наук. Сикан Александр Владимирович

« ___ » _____ 2016 г.

Санкт–Петербург

2016

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ	6
1.1 Физико – географическая характеристика района	7
1.2 Климат	11
2 УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА РЕК БАССЕЙНА МЕЗЕНИ	15
3 ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ И СТАЦИОНАРНОСТИ РЯДОВ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА	17
3.1 Исходные данные	17
3.2 Проверка рядов на однородность	19
3.3 Оценка временных трендов.....	24
4 РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ И СЛОЕВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В ПУНКТАХ НАБЛЮДЕНИЙ ГИДРОМЕТРИЧЕ- СКОЙ СЕТИ.....	28
4.1 Оценка основных статистических характеристик и их погрешностей	28
4.2 Расчет максимальных расходов и слоев весеннего половодья различ- ной обеспеченности.....	37
4.3 Районирование соотношения C_s/C_v весеннего половодья	40
4.4 Исследование пространственной изменчивости характеристик слоя весеннего половодья	42
5 РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВО- ДЬЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НА- БЛЮДЕНИЙ	47
5.1 Оценка районного показателя редукции.....	49
5.2 Расчет переходных коэффициентов μ	51

5.3	Расчет коэффициента K_0 , характеризующего дружность весеннего половодья.....	54
6	ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ.....	57
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	59
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	62
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	64
	Приложение А – Основные гидрографические характеристики исследуемых рек в створах гидрологических постов	65
	Приложение Б – Эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей максимальных расходов и слоев весеннего половодья	66

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с действующей нормативно-технической документацией расчетные гидрологические характеристики должны уточняться по мере накопления данных гидрометрических наблюдений. При этом до вступления в действие территориальных строительных норм рекомендуется выполнять уточнение параметров расчетных формул на региональном уровне. В настоящем дипломном проекте поставлена задача, разработать региональную методику для расчета максимальных расходов воды весеннего половодья для малоизученных и неизученных водотоков.

В качестве района исследования принята территория бассейна реки Мезень. Для решения поставленной задачи были использованы данные по 13 гидрологическим постам с продолжительностью наблюдений не менее 6 лет, площадью водосбора не превышающей 60000 км², с естественным гидрологическим режимом водотоков.

Дипломный проект содержит шесть глав, введение, заключение, список использованных источников из 14 наименований и 2 приложений.

В первой главе приведена физико-географическая и климатическая характеристики рассматриваемой территории.

Во второй главе приводятся условия формирования и особенности формирования максимального стока рек бассейна Мезени.

В третьей главе выполнена оценка однородности и стационарности рядов максимального весеннего стока, а также оценка временных трендов.

В четвертой главе приведены расчеты максимальных расходов и слоев половодья различной обеспеченности в пунктах наблюдений гидрометрической сети и проведено районирование соотношения C_s/C_v ве-

сеннего половодья и изучена пространственная изменчивость характеристик слоя весеннего половодья.

Пятая глава посвящена разработке региональной методики для расчета максимальных расходов воды весеннего половодья малоизученных и неизученных водотоков. Для решения поставленной задачи была выполнена оценка районных показателей редукации для рассматриваемой территории,

рассчитаны коэффициенты K_0 , характеризующие дружность весеннего половодья, исследованы переходные коэффициенты μ учитывающие неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды.

В шестой главе проведена оценка разработанной методики расчета гидрологических характеристик для малоизученных и неизученных рек бассейна р. Мезень.

В заключении в обобщенном виде представлены результаты проведенного исследования и анализ разработанной региональной методики для расчета максимальных расходов весеннего половодья рек бассейна р. Мезень.

1 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА



Рисунок 1.1 – Бассейн реки Мезень

Бассейн р. Мезени расположен между $62^{\circ}10'$ и $66^{\circ}18'$ северной широты и $43^{\circ}10'$ и $51^{\circ}15'$ восточной долготы. Его площадь равна 79 650 км². Юго-восточная граница проходит вдоль водораздела Мезени и Вычегды с высотами до 230 м. Его Северо-восточная граница проходит в районе Тимана с высотами до 500 м. Западная граница проходит по линии водораздела Мезени и Северной Двиной. С севера омывается Белым морем. Территория бассейна расположена в трех административно-территориальных областях: Архангельской, Коми и Ненецком автономном округе. И в двух ландшафтных: лесотундровой зоне и таежной зоне.

Сбор и обработка материалов производилась по литературным данным.

1.1 Физико-географическая характеристика района

Протяженность реки Мезень равна 966 км. Берет свое начало на Тимане, верховых болотах Четласского камня. Абсолютные высоты истоков Мазени достигают 400 м. Остальная часть бассейна характеризуется равнинным рельефом, местами всхолмленный, с высотами до 180 м. Вытянутый на юг, отрог Тимана вызывает образование крупной петли реки, от истоков до села Кослан. Ниже слияния с р. Вашкой река вытягивается в сторону северо-запада, пересекая по центру часть Мезенской синеклизы, меняет направление на север. Мезень впадает в Мезенский залив Белого моря, где принимает форму широкой, мелководной эстуарии.

Для р. Мезень свойственны широкие пойменные долины с террасированными склонами. Продольный профиль хорошо выработан, и близок к профилю равновесия. Скорости течения малы, длинные плёсы сменяются песчаными перекатами. В верхнем течении реки перекаты, как правило, гравелистогалечные, встречаются небольшие пороги, образованные выходами коренных пород или скоплением, вымытых из морены, валунов.

Ширина русла, в межень выше с. Койнаса нигде не превышает 500 м. Ниже река расширяется, достигая местами 1 км и более; в самом же устье она достигает 12 км ширины. В Мезенской губе наблюдаются очень значительные отливы и приливы, при которых вода поднимается иногда до 0,7 м, а при нагонных северо-западных ветрах и значительно выше. Приливная волна проходит вверх по реке более чем на 60 км, до

устья р.Пеза, вызывая обратные течения и подпорные явления, скорость ее около 2 км/ч.

Реки бассейна, в основном имеют корытообразную форму русла. В последнее время, наблюдается значительное их обмеление.

Основными элементами геоструктуры бассейна являются на западе Балтийский кристаллический щит, а на востоке –Тиманский кряж. Каждый из этих элементов представляет собой приподнятые (выпуклые) части земной коры, тогда как пространства, лежащие между ними, являются относительно пониженными участками – впадинами. Между Балтийским кристаллическим щитом и Тиманом лежит Онего-Двино-Мезенская впадина.

Рельеф, как правило,однообразен и в основном является равнинным и нарушается только наличием северо-западного Ветреного Пояса и возвышенностей Тимана. Основная часть территории это чередование низменныхс возвышенными равнинами и с невысокими плато. Ближе к морю низменности занимают большие пространства,а удаляясьот побережья, площадь их уменьшается.Поверхность бассейна понижается с юга на север, чем и определяет направление стока.

При понижении рельефа в сторону Белого моря вся местность несколько варьирует по гипсометрическому уровню.Отметки абсолютных высотнизменностей 30–80 м, вдоль морского побережья меньше. На равнинах же и возвышенных плато отметки доходят до 160 м, местами до 250 м. Характер изменения рельефа от низменностей к возвышенностям выражен в виде уступов с отметками 50–100 м.Причиной же таких уступов являются местные аномалии выпадения осадков и как следствие сток малых рек.

Наплато иравнинах хорошо развита сеть речных долин, глубоко врезаны и хорошо дренированы, местами заболочены. В низменностях же долины не глубокие и разработаны слабо.

Между рекой Мезень и рекой Пеза расположена значительная заболоченная низина.

Заметное влияние оказывает Тиманна климат и гидрологические условия района. Большой по размерам и площади он превосходит крупное плато и по абсолютным отметкам доходит до 450 м. Тиман вытянут поперек главного переноса воздушных масс, и является барьером, который имеет существенное влияние на распределение осадков и стока.

Территория Архангельской и Вологодской областей и Коми АССР, по которым протекает река Мезень, охватывает Север Русской равнины, и находится в главном прогибе Русской платформы. Сам же бассейн расположен по центру Мезенской синеклизы.

Геология бассейна, в области его равнинной части, представлена кристаллическим фундаментом с преобладанием платформенных структур, определенных в протерозое и архее, перекрытого мощными толщами осадочных отложений. Особенности строения фундамента – разломы и глыбовая структура – определяют чередования плато и низменностей, а также указывают на направление стока основных рек.

Осадочные отложения, в верхнем горизонте, на западе большинства относятся к юре, перми и триасу, восточнее – к четвертичной, меловой и юрской системам. На северо-западе, фундамент наиболее близок к поверхности, здесь наиболее распространены коренные породы.

Онего-Двино-Мезенская впадина является наиболее древней депрессионной формой, которая образовывается, при опускании под уровень моря, с кембрийского периода. Непостоянная мощность осадочного чехла выражается тем что на севере можно наблюдать «бараньи лбы», тогда как на востоке наблюдается погружение фундамента с увеличением мощности осадочного чехла до 8 км

Поверхность фундамента осложнена целой серией прогибов (грабен) и поднятий (горстов) северо-западного простирания, разделённых разломами с амплитудой до 3-4 км. Прогибы заполнены песчано-глинистыми породами, реже карбонатными отложениями и вулканитами основного состава.

Долина рек Мезень и Вашка в противоположность обычному типу долин, суживающихся к вершине реки и расширяющихся к устью, имеют широкие долины в верхнем и среднем течении и суживаются в нижнем, по мере приближения к морю. Подобная форма речных долин этих северных рек, резко отличная от обычной формы речной долины, объясняется проходящей в нижней части течения среди пермских мергелей и гипсов, каменноугольных известняков и доломитов – пород, сравнительно легко растворимых. Эти реки попадают в условия карста, где они развивают вместо боковой –глубинную эрозию, вырабатывая себе узкие каньоно–образные долины.

Мезень выделяется низкой мутностью, и среднегодовое значение стока наносов равняется приблизительно 30 г/м^3 . В устье преобладает нестабильность мутности связанная с приливо-отливными процессами. Русло реки активно зарастает на отмелях.

Гидрографическая сеть развита густо, но неравномерно. Это объясняется повсеместным избыточным увлажнением, равнинным рельефом, и с аномальным распределением осадков на наветренных и подветренных склонах. На 1 км^2 площади водосборов, в среднем приходится 500-600 м водотоков. Питают Мезень более 15000 рек и ручьев. Крупные правые ее притоки –Сула,Кыма,Пижма, Пеза, а левые –Вашка, Ирва, Пысса иБольшая Лоптюга.Их долинам свойственно наличие обширных заболоченных пойменных террас. Руслаизвилистые и неглубокие,имеют порожистый характер, от чего эвтрофикации изарастания на большей части не происходит. Питание рек смешанное.

Озер мало. Наиболее крупные озера Вадозеро, Ямозеро, Овьей и Ершово, расположены на западе района на равнинных территориях и окружены болотами.

Почвообразование выражено тремя типами – дерновый, подзолообразовательный и болотный. Подзолообразовательный тип наиболее ярко представлен на равнинных территориях на бескарбонатных породах, и под хвойной лесной зоной. Менее выражен дерновый тип. Развивается под травянистой растительностью, ему свойственно накоплением гумуса в перегнойно-аккумулятивном горизонте. Болотный тип развивается на плоских недренируемых равнинах и слабо водопроницаемых понижениях рельефа. В поймах рек наблюдаются пойменные почвы. Они связаны с периодическим затоплением поймы в период половодья, с транспортом и отложением наилка-взмученного материала.

1.2 Климат

Территория бассейна реки Мезень расположенная в атлантико-арктической зоне умеренного климата, представляет собой обширную лесистую равнину, мало чем защищенную от северо-западных и западных ветров, с которыми связано поступление на территорию влажных воздушных масс. Характерны избыточное увлажнение и однообразные физико-географические условия, которые изменяются вблизи полярного круга, где тайга сменяет лесотундра.

Климат развивается в условиях небольшого количества солнечной радиации зимой, интенсивного западного переноса и под влиянием северных морей. Для бассейна р. Мезень это Атлантика и Северный Ледовитый океан. Влияние морей выражается распределением температур воздуха по району и по сезонам. Летом температура воздуха на побережьях морей ниже, чем в удалении от моря, зимой – выше.

Данная территория находится под влиянием активной циклонической деятельности и постоянной смены воздушных масс, которые различаются по месту своего формирования, влажности и температуре. Циркуляция является главной причиной изменения широтной зональности в климатических зонах и непостоянства изменений метеорологических элементов. Зимой, приносимый теплый и влажный воздух сопровождается снегопадами, потеплением, а при оттепелях и дождем. Летом же приносят прохладный и влажный воздух, характеризующийся понижением температуры, выпадением обильных дождей, увеличением облачности. С перемещением на восток территории влажный атлантический воздух переходит в континентальный (летом прогревается, а зимой охлаждается). Циклоны с Черного и Средиземных морей вызывают сезонное потепление. При этом процессе, весной, вскрываются реки, а осенью устанавливается солнечная теплая погода - «бабье лето». Поступление континентальных воздушных масс, зимой с востока, а летом с юго-востока приносит зимой очень холодную, а летом теплую сухую погоду. Для области характерна неустойчивая непостоянная погода.

Бассейн реки Мезень расположен в зоне постоянного увлажнения. Атмосферные осадки определяются в основном активной циклонической деятельностью. Обильные приносят южные циклоны. Более продолжительные осадки, но меньшей интенсивности, приносятся с запада.

Распределение осадков по району определяются рельефом. В течение всего года осадки выпадают неравномерно, и большая часть приходится на теплые сезоны года. Летом суточные максимумы проходят вследствие ливневых дождей, связанных с фронтами. В зимне-осенний период наблюдаются осадки обложного характера, продолжительные, но слабой интенсивности.

На рисунках представлены графики суммарных осадков за холодный период года по данным метеостанциям Мезень и Койнас, по 2010 год включительно.

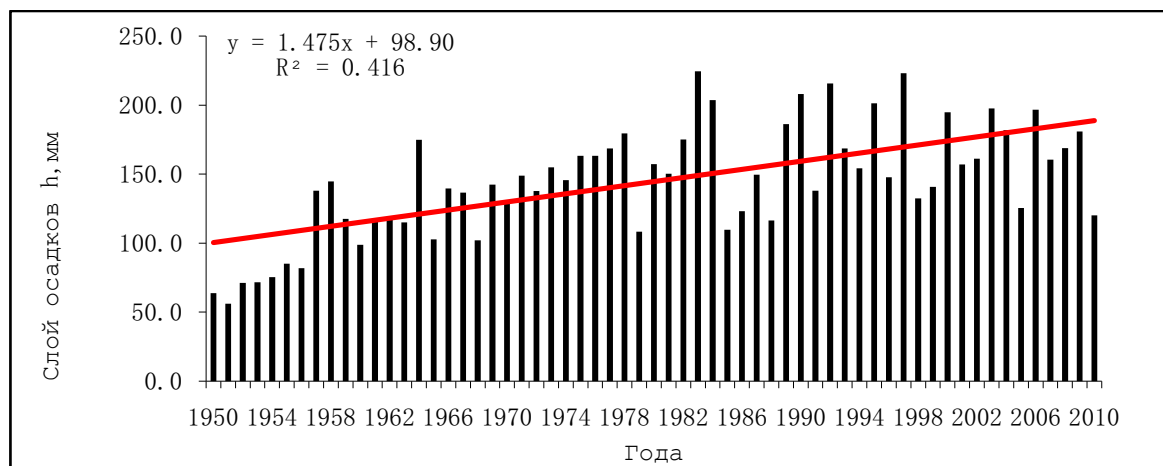


Рисунок 1.2 – Хронологический график средних осадков за холодный период с ноября по март, с 1950 по 2010 годы. По данным метеостанции г. Мезень.

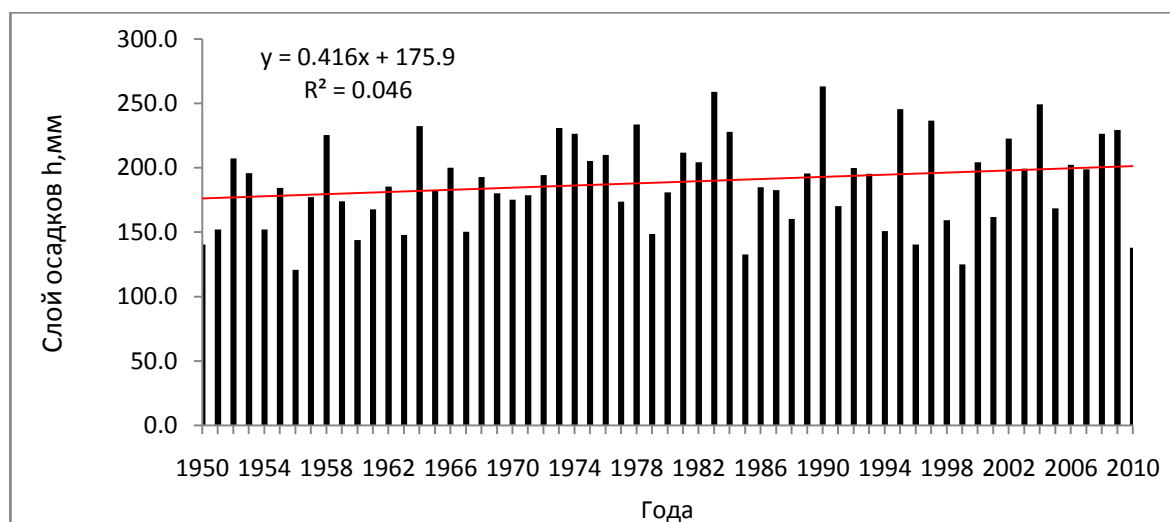


Рисунок 1.2 – Хронологический график средних осадков за холодный период с ноября по март, с 1950 по 2010 годы. По данным метеостанции г. Койнас.

Анализ показал: положительный тренд, наблюдающийся по данным метеостанции Мезень для суммарных осадков холодного периода года, является значимым.

Снежный покров формируется, на юге – во второй половине октября, на севере в конце сентября–начале октября,. Первый снег непостоянен и как правило стаивает при оттепелях. Устойчивый снежный покров формируется во второй половине октября – начале ноября, на юге – во второй половине ноября. Максимальная толщина снежного покрова наблюдается к середине марта и составляет на защищенных лесом участках 75–85 см, а на открытых участках – на 10–20 см меньше.

Средняя годовая температура воздуха на севере по данным станции Мезень $-0,8^{\circ}$. В холодный период, который длится с октября по апрель - 15° , в теплый сезон, с мая по сентябрь, средняя температура равна $19,1^{\circ}$. На юго-западе, станция Койнас, средняя за год равна $-0,7^{\circ}$, в холодный сезон равна $-16,8^{\circ}$, а в теплый равна $10,6^{\circ}$.

Самый холодный – январь, на побережье – февраль. Началом весны, характеризуется переходом температуры через ноль, на первую декаду апреля в юго-западных районах, и на вторую–третью декаду мая на северо-востоке. С приходом холодных воздушных масс с севера возможен возврат морозов. Лето (период с температурой воздуха выше 10°) наступает на юго-западе во второй–третьей декаде мая, на большей части территории в третьей декаде мая – первой декаде июня. На крайнем северо-востоке температура выше 10° наблюдается лишь в отдельные дни. Осень наступает на юго-западе в первой декаде сентября, а на северо-востоке – во второй декаде августа.

2 УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА РЕК БАССЕЙНА Р. МЕЗЕНЬ

Формирование максимального стока в бассейне р. Мезень происходит во время весеннего половодья, являясь основной фазой водного режима рек бассейна Мезени. Зависит от нескольких факторов: геологического строения района, рельефа, густоты речной сети, величины снежного покрова, подземных вод и дружности весны. Весеннее половодье

Начало половодья на юге, юго-западе, обычно приходится на середину апреля, в центральной части на конец апреля, на севере, северо-востоке на начало–середину мая. Максимум весеннего половодья проходит на реках большей части территории в начале – середине мая.

Снежный покров является основным фактором формирования весеннего половодья, а максимальные снегозапасы определяют размеры весеннего стока. Длительная зима благоприятствует для создания мощного снежного покрова, процесс снеготаяния носит затяжной характер и сопровождается дождевыми паводками. Половодье проходит как правило с резким подъемом и замедленным спадом. Затяжка спада вызывается обычно возвратами холодов во время снеготаяния и выпадением дождей, поддерживающих высокую водность рек в период после схода снежного покрова. Вследствие сложного режима стока в течение периода половодья, выражающегося в наличии, помимо основного пика, ряда второстепенных пиков и даже отдельных волн, а также из-за значительного участия дождей в формировании спада весеннего половодья связь максимальных расходов с полным объемом весеннего стока относительно слабая. Поскольку дождевые осадки оказывают небольшое влияние на формирование максимума половодья, более тесной оказывается связь максимального расхода с объемом снегового стока. Наивысший уровень наступает одновременно с максимальным расходом половодья и определяется величиной последнего.

Гидрограф как правило однопиковый, с возобновлением холодов слабо расчленен. Период весеннего половодья длится 1,5–2 месяца, во время которого проходит 40–60% стока за год (до 70–80% в годы с многоводной весной). Величина среднего слоя стока за период половодья около 170 мм и изменяется по территории не значительно. Наибольшая часть общего стока за весну приходится на талые воды (60–80%), тогда как дождевой сток составляет 10–30%, а грунтового 5–10% .

Во второй половине мартаснежный покров достигает максимальной высоты. На лесных участках он составляет 75 – 85 см, на полях – на 10 – 20 см меньше. Максимальная высота снега отмечена в предгорьях. Количество дней со снежным покровом в среднем составляет: на севере 200 – 230, во внутренних районах 170 – 200, на юге территории 160 – 170.

Плотность снега изменяется от 0,22—0,25 в лесной зоне и до 0,32—0,34 в тундре.

Запас воды в снежном покрове к началу снеготаяния в лесу 140 – 200 мм, на полях и болотах 120 – 180 мм. Наибольшие снегозапасы наблюдаются в предгорьях (300 – 400 мм и более). Увеличение максимального стока на территории, происходит в среднем на 70 – 80 л/сек. км² на каждые 100 м высоты.

Распределение среднего слоя весеннего стока на территории бассейна в значительной степени повторяет распределение снегозапасов перед началом снеготаяния, отражая при этом и некоторые местные особенности формирования стока. Весенний сток малых водотоков в значительно большей степени зависит от местных физико-географических условий, чем сток средних и крупных рек.

3 ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ И СТАЦИОНАРНОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

3.1 Исходные данные

В качестве исходных данных использовались ряды максимальных расходов и слоев весеннего половодья по 13 постам рек бассейна р. Мезень. Сведения о продолжительности рядов наблюдений приведены в таблице 3.1.

Использовались посты с диапазоном площадей от 29,4 до 56400 км², сводные данные по ним приведены в таблице 3.2 .

Схема расположения постов представлена на рисунке 3.1. Основные гидрографические характеристики исследуемых рек в створах гидрологических постов приводятся в приложении А.

Таблица 3.1 – Распределение постов по продолжительности рядов наблюдений.

Продолжительность рядов, лет	$6 \leq n \leq 30$	$30 < n \leq 40$	$40 < n \leq 50$	$50 < n \leq 60$	$n > 60$
Количество лет, ряды максимальных расходов	4	0	3	4	2
Количество лет, ряды слоев весеннего половодья	3	1	5	2	2

Таблица 3.2 – Распределение постов по градациям площадей водосборов

Диапазон площадей водосборов, км ²	$A \leq 200$	$200 < A \leq 1000$	$1000 < A \leq 5000$	$5000 < A \leq 10000$	$10000 < A \leq 50000$	$A > 50000$
Количество	2	0	5	2	3	1



Рисунок 3.1 – Схема гидрографической сети бассейна реки Мезень

3.2 Проверка рядов на однородность

Проверка рядов на однородность проводилась с использованием критериев Фишера и Стьюдента

Критерий Фишера позволяет оценить однородность ряда по дисперсии. Эмпирическое значение Статистика Фишера рассчитывалось по формуле:

$$F^* = \frac{D_1^*}{D_2^*} \quad (3.1)$$

где D_1^* и D_2^* – дисперсии по первой и второй частям анализируемого ряда, при этом в качестве первой дисперсии обычно рассматривают ту, которая больше ($D_1^* > D_2^*$)

Критическое значение статистики Фишера определялось по таблицам, опубликованным в [9], в зависимости от числа степеней свободы $V_1 = n_1 - 1, V_2 = n_2 - 1$ при уровне значимости $2\alpha = 5\%$ (n_1 и n_2 – длина первой и второй частей ряда)

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялось условие:

$$F^* < F_{2\alpha} \quad (3.2)$$

Критерий Стьюдента позволяет оценить однородность ряда по среднему значению. Эмпирическое значение Статистика Стьюдента рассчитывалось по формуле:

$$t^* = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \quad (3.3)$$

где \bar{x}_1 и \bar{x}_2 – средние значения по первой и второй частям анализируемого ряда;

- σ_1, σ_2 – среднеквадратические отклонения по первой и второй частям ряда;
- S – среднеквадратическое отклонение разности $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$, определяемое по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{(n_1-1)\sigma_1^2 + (n_2-1)\sigma_2^2}{n_1+n_2-2}} \quad (3.4)$$

Критическое значение статистики Стьюдента определялось по таблицам, опубликованным в [9], в зависимости от числа степеней свободы

$v = n_1 + n_2 - 2$ при уровне значимости $2\alpha = 5\%$.

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялось условие:

$$|t^*| < t_{2\alpha} \quad (3.5)$$

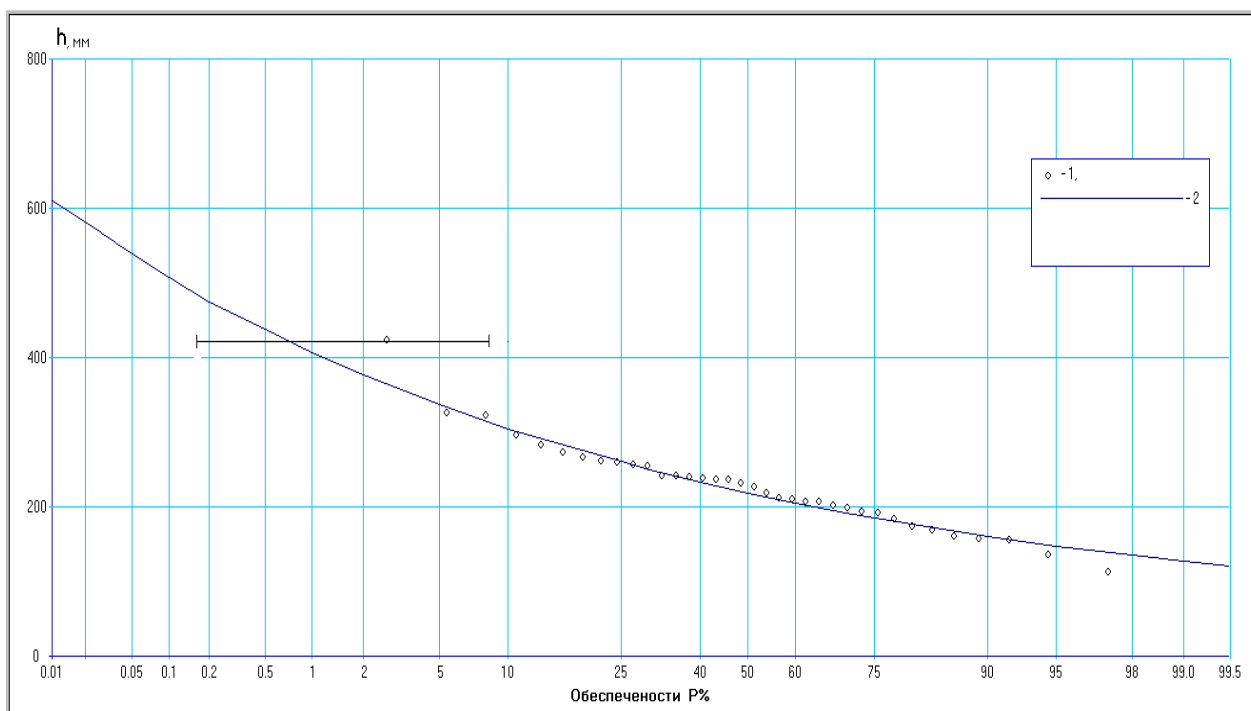
Результаты проверки рядов на однородность представлены в: для максимальных расходов весеннего половодья - таблица 3.4, для слоя весеннего половодья – таблица 3.5. Сводные данные по проверке рядов на однородность приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты проверки на однородность рядов максимальных расходов и слоев стока за половодье рек бассейна р. Мезень

Вид стока	общее число случаев	Число случаев опровержения гипотезы об однородности			
		по критерию Фишера		по критерию Стьюдента	
		абсолютное	относительное, %	абсолютное	относительное, %
Максимальные расходы весеннего половодья	13	2	15	0	0
Слои стока за половодье	13	2	15	0	0

Гипотеза об однородности рядов слоя половодья опровергается только в 23% случаев по критерию Фишера, и не опровергается по критерию Стьюдента, следовательно, можно считать, что ряды слоя половодья для рек бассейна р. Мезень являются однородными, кроме рядов максимальных расходов воды и слоев стока по реке Мезенская Пижма в створе д.Ларкино.

Проверка ряда максимальных расходов воды с помощью непараметрических критериев Диксона и Смирнова Грабса показала, гипотеза однородности по данным критериев опровергается, но поскольку точка отскакивающая в зоне малых обеспеченностей попадает в 90 % довери-



тельный интервал, то такое отклонение является допустимым, а значит что все значения ряда принадлежат одной генеральной совокупности. В дальнейшем ряд обрабатывался как однородный. На рисунке 3.2 представлена эмпирическая кривая обеспеченности слоев стока р. Мезенская Пижма – д. Ларкино.

Рисунок 3.2 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей слоев весеннего половодья, р. Мезенская Пижма – д. Ларкино;

Длина ряда $n = 36$; 90% – доверительный интервал – (0,17 – 8,54).

Таблица 3.4 – Результаты проверки на однородность рядов максимальных расходов весеннего половодья рек бассейна р. Мезень

(« – » гипотезе не опровергается, « + » гипотеза опровергается) ; $2a = 5\%$

№ п/п	Река – створ	$A, \text{км}^2$	n	t^*	t_{2a}	$H_0: Q_1 = Q_2$	F^*	F_{2a}	$H_0: D_1 = D_2$
1	р.Мезень – д.Макариб	6450	63	1,17	2,29	–	2,14	2,06	+
2	р.Мезень – с.Большая Пысса	16100	48	0,68	2,31	–	1,36	2,31	–
3	р.Мезень – д.Малонисогорская	56400	63	0,02	2,29	–	1,31	2,06	–
4	р.Большая Лоптюга – д.Буткан	2010	52	0,75	2,01	–	1,49	2,25	–
5	р.Мезенская Пижма – с.Ларкино	2930	27	0,08	2,08	–	4,16	3,56	+
6	р.Сула – с.Нижне-Сульское	1050	18	0,02	2,47	–	1,79	4,43	–
7	р.Едома – леснич.участок Оськино	120	43	0,74	2,32	–	1,93	2,44	–
8	р.Вашка – д.Вендинга	6980	51	0,73	2,31	–	1,35	2,25	–
9	р.Вашка – д.Рещельская	19000	45	0,25	2,32	–	1,09	2,39	–
10	р.Мокчема – д.Карашелье	29.4	23	1,93	2,41	–	4,38	7,39	+
11	р.Ежуга(Щелья) – д.Чублас	1240	45	1,24	2,32	–	1,29	2,39	–
12	р.Пеца – д.Сафоново	4520	52	0,90	2,01	–	1,32	2,25	–
13	р.Пеца – д.Игумново	12000	51	1,65	2,31	–	1,12	2,21	–

Таблица 3.5 – Результаты проверки на однородность рядов слоя весеннего половодья рек бассейна р. Мезень

(« – » гипотеза не опровергается, « + » гипотеза опровергается) ; $2a = 5\%$

№ п/п	Река - створ	A, км ²	n	t*	t _{2a}	H ₀ : Q ₁ = Q ₂	F*	F _{2a}	H ₀ : D ₁ = D ₂
1	р.Мезень - д.Макариб	6450	62	0,94	2,29	-	1,05	2,07	-
2	р.Мезень - с.Большая Пысса	16100	46	0,94	2,32	-	1,31	2,35	-
3	р.Мезень - д.Малонисогорская	56400	62	1,37	2,3	-	1,44	2,07	-
4	р.БольшаяЛоптюга - д.Буткан	2010	51	0,48	2,01	-	1,02	2,25	-
5	р.Мезенская Пижма - с.Ларкино	2930	36	0,8	2,05	-	3,4	2,67	+
6	р.Сула - с.Нижне-Сульское	1050	62	0,3	2,32	-	1,71	2,69	-
7	р.Едома - лесхиму-часть Оськино	120	43	1,01	2,03	-	1,25	2,74	-
8	р.Вашка - д.Вендинга	6980	48	0,05	2,31	-	1,15	2,31	-
9	р.Вашка - д.Рещельская	19000	45	0,24	2,32	-	1,5	2,39	-
10	р.Мокчема - д.Карашелье	29.4	23	0,46	2,41	-	1,44	3,66	-
11	р.Ежуга(Щелья) - д.Чублас	1240	35	1,29	2,05	-	4,16	2,69	+
12	р.Пеза - д.Сафоново	4520	53	1,65	2,31	-	1,12	2,21	-
13	р.Пеза - д.Игумново	12000	49	0,19	2,31	-	1,26	2,29	-

3.3 Оценка временных трендов

Оценка линейных трендов проводилась для рядов максимальных расходов и слоев весеннего половодья.

Для оценки линейных трендов использовался критерий значимости выборочного коэффициента корреляции (R) для зависимости $Q_{max} = f(t)$,

Гипотеза об отсутствии тренда не опровергалась, если выполнялось условие:

$$|R| < t_{2a} \sigma_R \quad (3.6)$$

где t_{2a} – теоретическое значение статистики Стьюдента при уровне значимости $2a = 5\%$;

σ_R – стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

$$\sigma_R = \frac{(1-R^2)}{\sqrt{n-1}} \quad (3.7)$$

Результаты проверки представлены в 3.7 для максимальных расходов весеннего половодья и для слоя весеннего половодья – таблица 3.8. Сводные данные по проверке рядов на значимость линейных трендов приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Результаты оценки значимости линейных трендов рядов максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья рек бассейна

р.Мезень

Вид стока	общее	Число случаев со значимостью трендов
-----------	-------	--------------------------------------

	число случаев		
		абсолютное	относительное, %
Максимальные расходы весеннего половодья	13	0	0
Слои стока за половодье	13	0	0

Таблица 3.7 – Оценка значимости линейных трендов в рядах максимальных расходов весеннего половодья рек бассейна р. Мезень

№ п/п	Код поста	Река – створ	Площадь водо-сбора, км ²	Длина ряда, п	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
					R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
1	70378	р.Мезень – д.Макариб	6450	63	0,013	0,124	0,248	нет
2	70382	р.Мезень – с.Большая Пысса	16100	48	0,144	0,143	0,286	нет
3	70844	р.Мезень – д.Малонисогорская	56400	63	0,022	0,127	0,254	нет
4	70390	р.БольшаяЛоптюга – д.Буткан	2010	52	0,089	0,138	0,278	нет
5	70391	р.Мезенская Пижма – с.Ларкино	2930	27	0,054	0,196	0,391	нет
6	70392	р.Сула – с.Нижне-Сульское	1050	18	0,141	0,237	0,475	нет
7	70393	р.Едома – лесхимучасток Оськино	120	43	0,022	0,154	0,308	нет
8	70394	р.Вашка – д.Вендинга	6980	51	0,094	0,140	0,280	нет
9	70396	р.Вашка – д.Решельская	19000	45	0,063	0,150	0,300	нет
10	70397	р.Мокчема – д.Каращелье	29.4	23	0,249	0,199	0,400	нет
11	70398	р.Ежуга(Щелья) – д.Чублас	1240	45	0,114	0,148	0,298	нет
12	70399	р.Пеца – д.Сафоново	4520	52	0,070	0,139	0,279	нет
13	70401	р.Пеца – д.Игумново	12000	51	0,042	0,141	0,282	нет

Таблица 3.8 – Оценка значимости линейных трендов в рядах слоев весеннего половодья рек бассейна р. Мезень

№ п/п	код поста	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Длина ряда, n	Параметры тренда			Значимость тренда при 2а = 5 %
					R	σ_R	$t_{2a}\sigma_R$	
1	70378	р.Мезень – д.Макариб	6450	62	0,005	0,127	0,254	нет
2	70382	р.Мезень – с.Большая Пысса	16100	46	0,077	0,148	0,296	нет
3	70844	р.Мезень – д.Малонисогорская	56400	62	0,138	0,125	0,251	нет
4	70390	р.БольшаяЛоптюга – д.Буткан	2010	51	0,022	0,141	0,283	нет
5	70391	р.Мезенская Пижма – с.Ларкино	2930	36	0,100	0,167	0,335	нет
6	70392	р.Сула – с.Нижне-Сульское	1050	62	0,104	0,126	0,253	нет
7	70393	р.Едома – лесхиму-часток Оськино	120	31	0,352	0,135	0,270	нет
8	70394	р.Вашка – д.Вендинга	6980	48	0,044	0,145	0,291	нет
9	70396	р.Вашка – д.Рещельская	19000	45	0,055	0,150	0,301	нет
10	70397	р.Мокчема – д.Карашелье	29.4	23	0,197	0,204	0,410	нет
11	70398	р.Ежуга(Щелья) – д.Чублас	1240	35	0,170	0,166	0,333	нет
12	70399	р.Пеза – д.Сафоново	4520	53	0,070	0,138	0,276	нет
13	70401	р.Пеза – д.Игумново	12000	49	0,042	0,144	0,288	нет

Как видно из таблицы, для рядоврасходов и слоев весеннего половодья случаев со значимостью тренда не зафиксировано. Следовательно, можно считать, что ряды расходов и слоев весеннего половодья для рек бассейна р. Мезень являются однородными и стационарными. На рисунке 3.3 представлен пример линии тренда слоев весеннего половодья для р. Мезень – д. Малонисогорская.

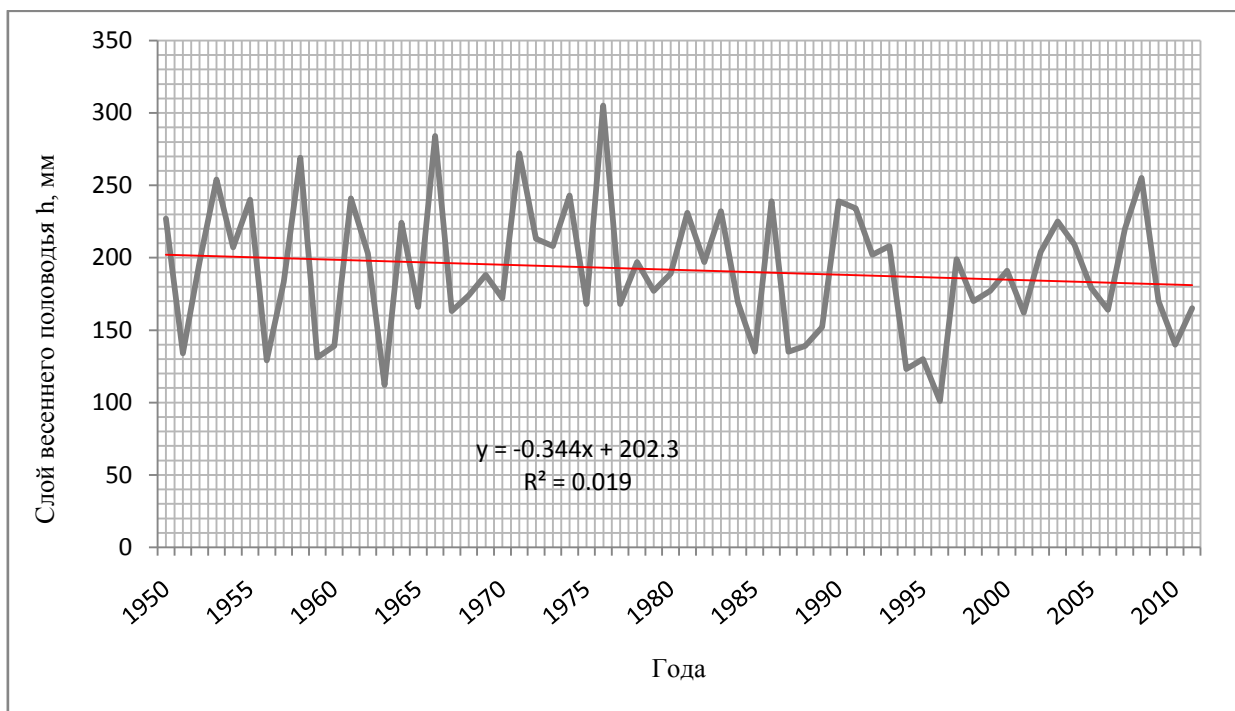


Рисунок 3.3 – Хронологический график слоев весеннего половодья для р. Мезень – д. Малонисогорская

4 РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ И СЛОЕВ ВЕСЕННЕ-ГОПоловодья В ПУНКТАХ НАБЛЮДЕНИЙ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

4.1 Оценка основных статистических характеристик и их погрешностей

Расчет основных статистических характеристик рядов максимальных расходов и рядов слоя весеннего половодья рек бассейна р. Мезень выполнялся методом моментов, для построения эмпирических и аналитических кривых обеспеченностей максимальных расходов весеннего половодья и слоя весеннего половодья различной вероятности ежегодного превышения приняты кривые Крицкого-Менкеля и Пирсона Штипа.

Среднее значение ряда максимальных расходов весеннего половодья определялось по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \quad (4.1)$$

Среднее значение ряда слоя весеннего половодья определялось по формуле:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n} \quad (4.2)$$

Коэффициент вариации:

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

где k_i – модульный коэффициент, который определяется по

формуле:

для максимальных расходов весеннего половодья:

$$k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}} \quad (4.4)$$

для слоя весеннего половодья:

$$k_i = \frac{h_i}{\bar{h}} \quad (4.5)$$

Коэффициент асимметрии определялся по формуле:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(n-1)(n-2)C_v^3} \quad (4.6)$$

Среднеквадратичное отклонение:

для максимальных расходов весеннего половодья:

$$\sigma = C_v \bar{Q} \quad (4.7)$$

для слоя весеннего половодья:

$$\sigma = C_v \bar{h} \quad (4.8)$$

Относительные погрешности рассчитывались по формулам: для среднего значения:

$$\varepsilon_{\bar{Q}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} 100\% \quad (4.9)$$

для коэффициента вариации:

$$\varepsilon_{C_v} = \frac{1}{n+4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1+C_v^2)}{2}} 100\% \quad (4.10)$$

Для рядов, у которых ошибки среднего и коэффициента вариации больше критических значений, подбирались аналоги с помощью которых параметры распределения и их относительные погрешности пересчитывались.

В работе были выявлены 3 поста с завышенными ошибками среднего и коэффициента вариации. Данные по ним представлены в таблице

4.1. Подобранные аналоги имеют ряд наблюдений (n), превышающий расчетный не менее чем на 10 лет. Площади водосборов (A), не различаются более чем в 10 раз. Имеют относительно одинаковые природные условия, озерность ($f_{оз}$), заболоченность ($f_{б}$), лесистость ($f_{л}$), средняя высота водосбора (H) и средний уклон (I_p).

Таблица 4.1 – Основные гидрографические характеристики расчетных рек и рек – аналогов

№ п/п	Вид стока	Расчетная река	Река - аналог	Гидрографическая характеристика					
				$A, км^2$	$H, м$	$I_p, \%$	$f_{оз} \%$	$f_{б}, \%$	$f_{л}, \%$
1	Q_{max}	р. Ежуга - д. Чублас	-	1240	87	1,56	<1	27	70
		-	р. Пеза – д. Игумново	12000	185	0,41	3	40	54
2	h	р. Ежуга - д. Чублас	-	1240	87	1,56	<1	27	70
		-	р. Мезенская Пижма – с. Ларкино	2930	222	0,76	<1	8	89
3	h	р. Сула – д. Нижне - Сульское	-	1050	179	0,79	<1	6	91
		-	р. Мезень – д. Макриб	6450	212	1,02	<1	7	89

Рассчитанные статистические характеристики представлены в таблице 4.2 . На рисунках 4.1 – 4.2 представлены графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для трех расчетных постов и рек аналогов за совместный период наблюдений.

Таблица 4.2 – Основные статистические характеристики стока за весен-
нее половодье расчетных рек и рек – аналогов.

№ п/п	Вид стока	Расчетная река	Река - аналог	Статистические характеристики						
				A , км ²	n , лет	C_v	\bar{Q} , м ³ /с	\bar{h} , мм	$\varepsilon_{\bar{Q}}$, %	ε_{C_v} , %
1	Q_{max}	р. Ежуга – д. Чублас	-	1240	6	0,46	158	-	18	27
		-	р. Пеза – д. Игумново	12000	45	0,29	1449	-	4	10
2	h	р. Ежуга – д. Чублас	-	1240	6	0,31	-	160	12	28
		-	р. Мезенская Пижма – с. Ларкино	2930	36	0,26	-	227	4	12
3	h	р. Сула – д. Нижне - Сульское	-	1050	18	0,25	-	230	6	17
		-	р. Мезень - д. Макриб	6450	62	1,02	-	203	3	9

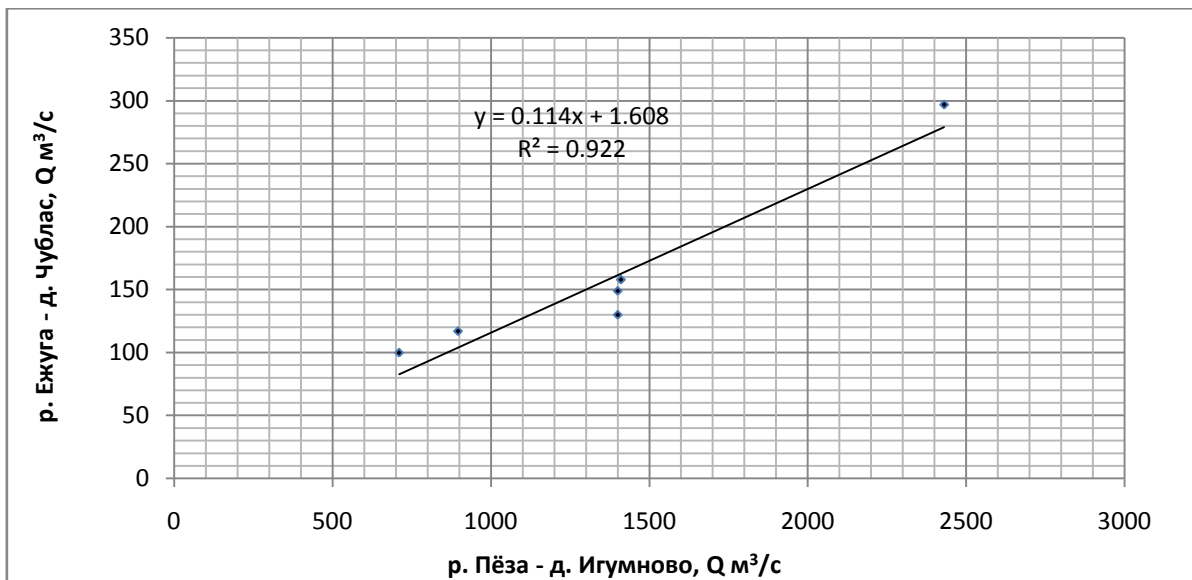


Рисунок 4.1 – График связи максимальных расходов расчетной реки Ежуга – д. Чублас и реки – аналога Пёза – д. Игумново

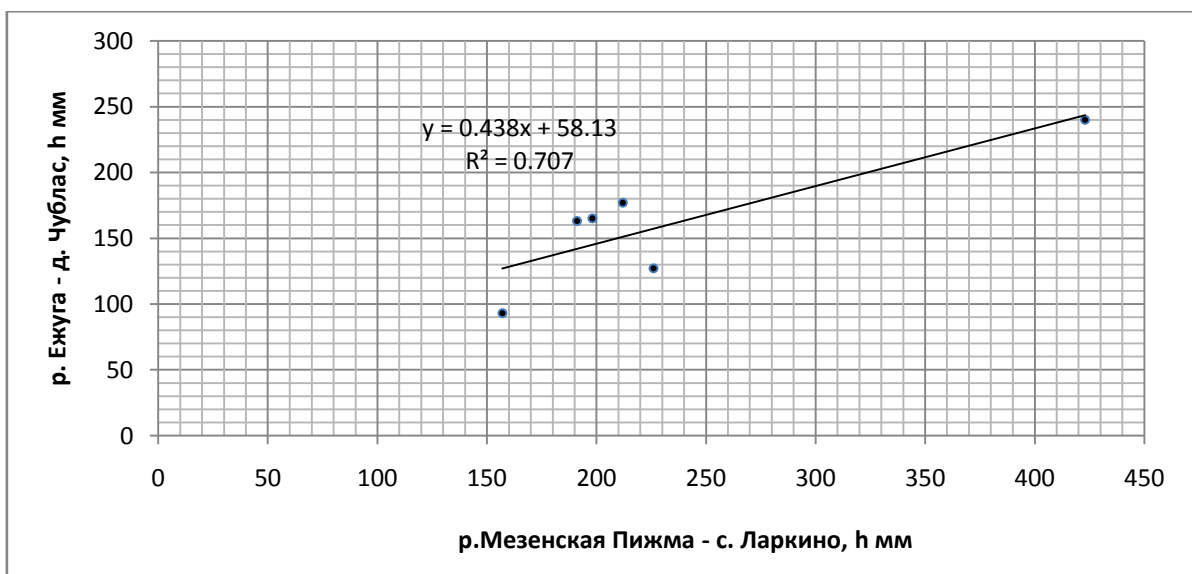


Рисунок 4.2 – График связи слоев весеннего половодья расчетной реки Ежуга – д. Чублас и реки – аналога Мезенская Пижма – с. Ларкино

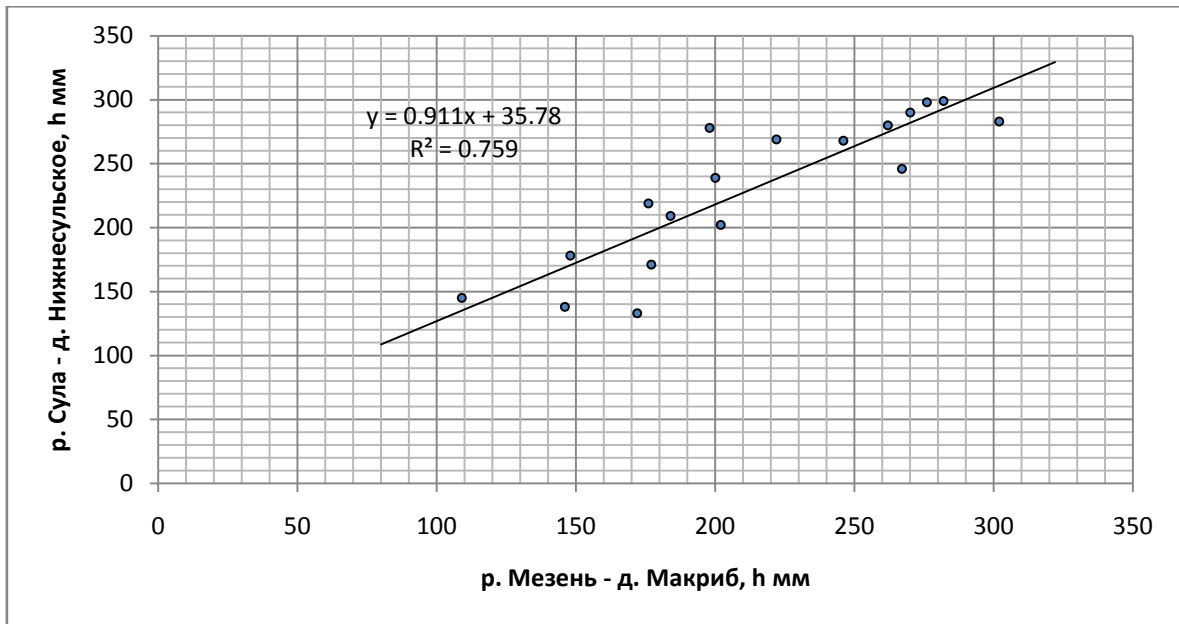


Рисунок 4.3 – График связи слоев весеннего половодья расчетной реки Сула – д. Нижне – Сульское и реки – аналога Мезень – д. Макариб

Восстановление рядов производилось с помощью уравнения линейной регрессии:

$$Q_N = aQ_{N,a} + b \quad (4.11)$$

$$h_N = ah_{N,a} + b \quad (4.12)$$

- где Q_N – максимальный расход весеннего половодья расчетной реки;
 h_N – слой весеннего половодья расчетной реки;
 $Q_{N,a}$ – максимальный расход весеннего половодья реки – аналога;
 $h_{N,a}$ – слой весеннего половодья реки – аналога;
 a – коэффициент регрессии;
 b – свободный член;

Уравнение является надежным, если выполняются следующие условия:

$$n \geq 6; \quad |R| \geq 0.7; \quad \frac{R}{\sigma_R} \geq 2; \quad \frac{a}{\sigma_a} \geq 2; \quad (4.13)$$

где R – коэффициент корреляции;
 s_R – погрешность коэффициента корреляции;
 s_a – погрешность коэффициента регрессии;

В таблице 4.3 представлены результаты расчетов параметров уравнения регрессии для рядов максимальных расходов и слоев весеннего половодья.

Таблица 4.3 – Параметры уравнения линейной регрессии

№ п/п	Вид стока	Река - створ	R	s_R	a	s_a	b	R/s_R	R/s_a	уравнение регрессии
1	Q_{max}	р. Ежуга – д. Чублас	0,96	0,03	0,11	0,02	1,608	27,7	6,9	$y=0,114x+1,608$
		р. Пеза – д. Игумново								
2	h	р. Ежуга – д. Чублас	0,84	0,24	0,44	0,07	58,13	3,47	6,22	$y=0,438x+58,13$
		р.Мезенская Пижма – с. Ларкино								
3	h	р. Сула – д.Нижне-Сульское	0,87	0,06	0,91	0,13	35,78	14,93	7,11	$y=0,911x+35,78$
		р.Мезень – д. Макриб								

Так как все условия выполняются, уравнение можно использовать для дальнейших расчетов.

Результаты расчета основных статистических характеристик рядов максимальных расходов весеннего половодья и рядов слоя весеннего половодья рек бассейна р.Мезень приведены в таблицах 4.3 – 4.4.

Как видно из таблиц относительные погрешности в рядах максимальных расходов весеннего половодья для среднего значения находятся в интервале от 3,01% до 10,6%. Относительные погрешности коэффициента вариации колеблются в интервале от 9,13% до 17,1%.

Относительные погрешности в рядах слоя весеннего половодья для среднего значения находятся в интервале от 2,73% до 6,35%, для коэффициента вариации - от 9,19% до 15,1%.

Так как во всех случаях погрешности расчета числовых характеристик не превышают допустимых значений, расчет можно считать надежным.

Учитывая большую погрешность коэффициента асимметрии, по каждому посту принято эмпирическое значение C_s/C_v с округлением до 0,5 в большую сторону

Таблица 4.4 – Основные статистические характеристики рядов максимальных расходов весеннего половодья рек бассейна р. Мезень.

№	Река - створ	Площадь водосбора, км ²	Средний расход, м ³ /с	Коэффициент вариации, C_v	Коэффициент асимметрии, C_s	C_s/C_v	Относительная погрешность	
							\bar{Q}	C_v
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	р.Мезень - д.Макариб	6450	1004	0,31	0,69	2,23	3,92	9,27
2	р.Мезень - с.Большая Пысса	16100	1745	0,30	0,53	1,80	4,26	10,6
3	р.Мезень - д.Малонисогорская	56400	5836	0,24	0,52	2,19	3,01	9,13
4	р.БольшаяЛопт юга - д.Буткан	2010	221	0,32	0,18	0,57	4,41	10,2

5	р.Мезенская Пижма - с.Ларкино	2930	549	0,27	0,70	2,61	4,26	12,1
6	р.Сула - с.Нижне- Сульское	1050	260	0,32	1,04	3,21	7,65	17,1
7	р.Едома - лес- химучасток Оськино	120	32	0,53	1,13	2,11	8,15	11,9
8	р.Вашка - д.Вендинга	6980	607	0,32	0,54	1,71	4,43	10,3
9	р.Вашка - д.Рещельская	19000	1872	0,27	0,90	3,40	3,95	10,8
10	р.Мокчема - д.Каращелье	29.4	8	0,51	1,60	3,17	10,55	15,8
11	р.Ежуга(Щелья) - д.Чублас	1240	167	0,31	0,58	1,88	4,59	10,9
12	р.Пеца - д.Сафоново	4520	699	0,26	0,07	0,27	3,55	10,1
13	р.Пеца - д.Игумново	12000	1461	0,29	0,33	1,14	4,03	10,2

Таблица 4.5 – Основные статистические характеристики рядов слоев
весеннего половодья рек бассейна р. Мезень.

№	Река - створ	Площадь водо- сбора, км ²	Средний слой, мм	Кoeffиц- иент ва- риации, C _v	Кoeffи- циент ас- симе-трии, C _s	C _s /C _v	Относитель- ная по- грешность	
							\bar{h}	C _v
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	р.Мезень - д.Макариб	6450	204	0,26	0,11	0,41	3,27	9,23
2	р.Мезень - с.Большая Пысса	16100	198	0,23	0,20	0,87	3,42	10,7
3	р.Мезень - д.Малонисо- горская	56400	192	0,23	0,23	0,98	2,98	9,19
4	р.БольшаяЛопт юга - д.Буткан	2010	169	0,26	0,31	1,17	3,69	10,2
5	р.Мезенская Пижма -	2930	228	0,26	0,88	3,37	4,34	12,1

	с.Ларкино							
6	р.Сула - с.Нижне- Сульское	1050	220	0,25	0,01	0,04	3,14	9,21
7	р.Едома - лес- химучасток Оськино	120	150	0,36	-0,26	- 0,71	6,5	13,3
8	р.Вашка - д.Вендинга	6980	164	0,27	0,05	0,19	3,84	10,5
9	р.Вашка - д.Рещельская	19000	181	0,24	-0,19	-0,8	3,55	10,8
10	р.Мокчема - д.Карашелье	29.4	177	0,26	0,71	2,72	5,46	15,1
11	р.Ежуга(Щелья) - д.Чублас	1240	160	0,18	0,08	0,43	3,06	12,1
12	р.Пеца - д.Сафоново	4520	190	0,23	0,07	0,29	3,1	9,92
13	р.Пеца - д.Игумново	12000	177	0,19	0,18	0,94	2,73	10,3

4.2 Расчет максимальных расходов и слоев весеннего половодья различной обеспеченности

С использованием полученных статистических параметров были построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей (приложение Б) и рассчитаны максимальные расходы и слои половодья различной обеспеченности. В качестве аналитической кривой использовались

кривые обеспеченностей Крицкого-Менкеля и Пирсона III типа. Расчет выполнялся методом моментов.

Результаты выполненных расчетов представлены в таблице 4.1 – 4.2.

На рисунках 4.4 – 4.4 представлены примеры построения кривых обеспеченностей Крицкого – Менкеля и Пирсона Штипа.

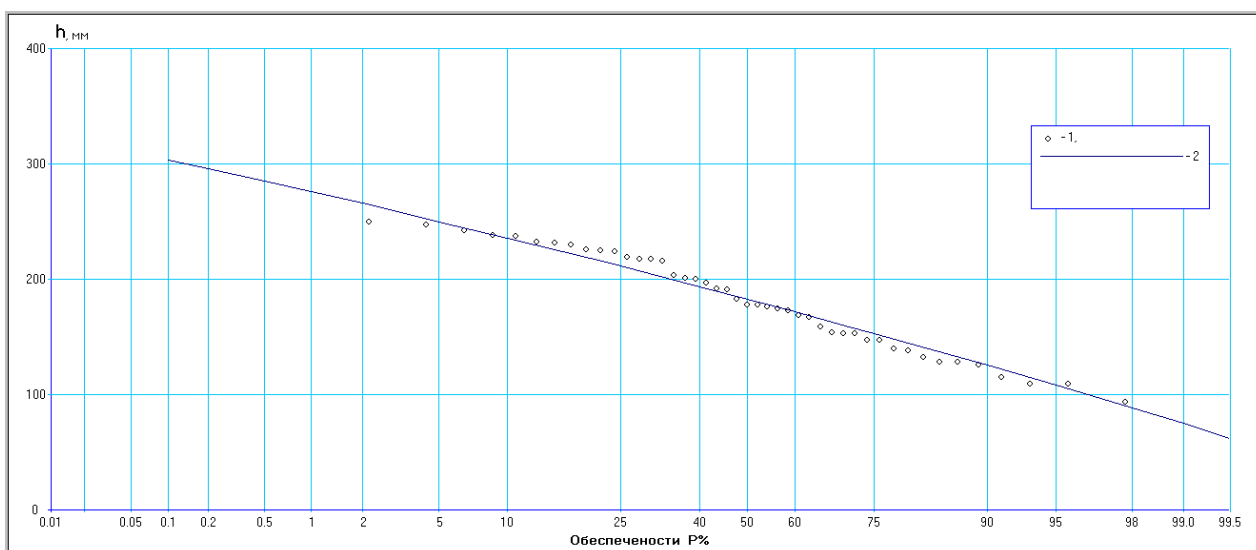


Рисунок 4.4 Эмпирическая (1) и аналитическая (2) кривые обеспеченностей слоев весеннего половодья Пирсона Штипа для р. Вашка – д. Рещельская.

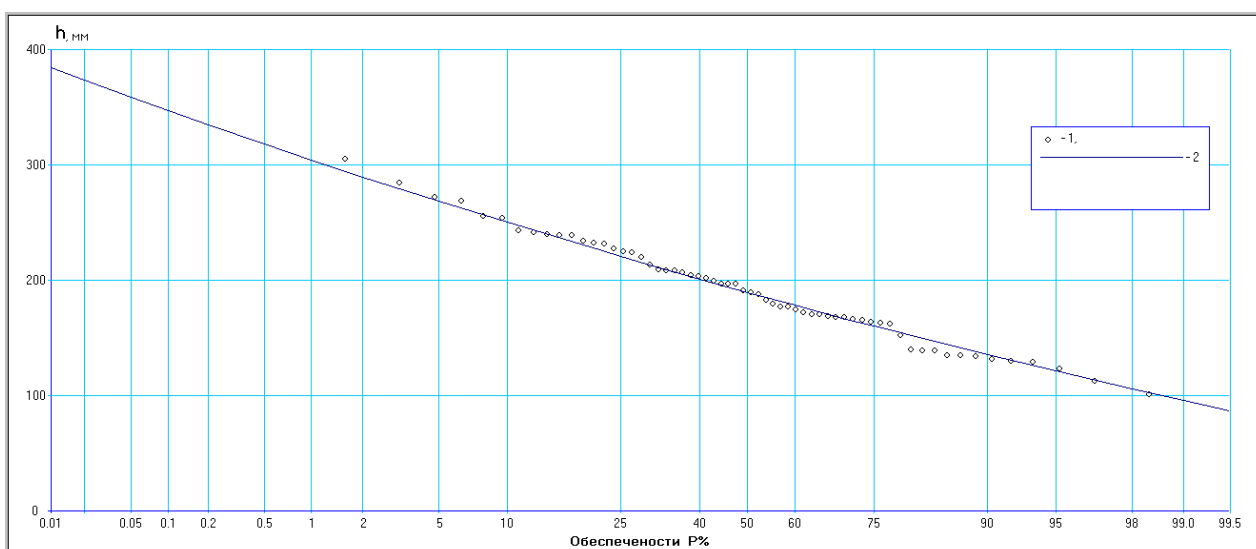


Рисунок 4.5 Эмпирическая (1) и аналитическая (2) кривые обеспеченности слоев весеннего половодья Крицкого – Менкеля для
р. Мезень – д. Малонисогорская.

Таблица 4.6 – Максимальные расходы весеннего половодья Q ($\text{м}^3/\text{с}$) расчетной обеспеченности рек бассейна р. Мезень.

Река – створ	$A, \text{км}^2$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	C_v	Расходы обеспеченностью $P\%$, $\text{м}^3/\text{с}$					
				1	3	5	10	25	50
р.Мезень – д.Макариб	6450	1004	0,31	1725	1606	1453	1320	1123	929
р.Мезень – с.Большая Пысса	16100	1745	0,3	3150	2861	2671	2431	2055	1694
р.Мезень – д.Малонисогорская	56400	5836	0,24	9571	8765	8322	7680	6711	5716
р.БольшаяЛоптюга – д.Буткан	2010	221	0,32	395	353	342	314	268	219
р.Мезенская Пижма – с.Ларкино	2930	549	0,27	975	872	816	743	634	531
р.Сула – с.Нижне-Сульское	1050	260	0,32	534	445	418	369	302	245
р.Едома – лесхиму-часть Оськино	120	32	0,53	86,5	70,4	64,3	54,4	40,6	28,5
р.Вашка – д.Вендинга	6980	607	0,32	1129	1025	952	863	724	588
р.Вашка – д.Рещельская	19000	1872	0,27	3380	2972	2789	2517	2145	1799
р.Мокчема – д.Каращелье	29.4	8	0,51	22,7	17,6	15,7	12,9	9,52	6,93

Продолжение таблицы 4.6

р.Ежуга(Щелья) – д.Чублас	1240	167	0,31	308	275	260	236	198	162
р.Пеца – д.Сафоново	4520	699	0,26	1128	1048	1000	932	818	696
р.Пеца – д.Игумново	12000	177	0,29	2544	2279	2196	2020	1735	1435

Таблица 4.7 – Слои стока весеннего половодья h (мм) расчетной обеспеченности рек бассейна р. Мезень.

Река – створ	A, км ²	h, мм	C _v	Слой обеспеченностью P%, м ³ /с					
				1	3	5	10	25	50
р.Мезень – д.Макариб	6450	204	0,26	331	306	293	272	239	203
р.Мезень – с.Большая Пысса	16100	198	0,23	312	288	277	258	228	196
р.Мезень – д.Малонисогорская	56400	192	0,23	305	279	269	250	221	189
р.БольшаяЛоптюга – д.Буткан	2010	169	0,26	284	262	248	229	198	167
р.Мезенская Пижма – с.Ларкино	2930	228	0,22	407	361	337	305	260	219
р.Сула – с.Нижне-Сульское	1050	220	0,25	348	326	311	291	257	220
р.Едома – лесхиму-часть Оськино	120	150	0,36	267	250	236	219	188	153
р.Вашка – д.Вендинга	6980	164	0,27	269	249	238	221	194	164
р.Вашка – д.Рещельская	19000	181	0,24	276	262	250	236	211	183
р.Мокчема – д.Карашелье	29.4	177	0,26	315	277	262	238	203	171
р.Ежуга(Щелья) – д.Чублас	1240	160	0,18	237	215	207	193	176	163
р.Пеца – д.Сафоново	4520	190	0,23	293	274	262	246	218	189
р.Пеца – д.Игумново	12000	177	0,19	261	242	234	220	199	175

4.3 Районирование соотношения C_s/C_v весеннего половодья

Для бассейна р. Мезень было проведено районирование соотношения C_s/C_v и выделены три гидрологических района:

- 1-й гидрологический район с C_s/C_v = 0,5 (равнинная часть лесной и лесотундровой зоны);
- 2-й гидрологический район с C_s/C_v = 1,0 (предгорная часть лесной и лесотундровой зоны);

– 3-й гидрологический район с $C_s/C_v = 3$ (горная часть лесной зоны);

Районирование бассейна реки Мезень по соотношению C_s/C_v весеннего половодья представлено на рисунке 4.1.

Полученная карта сравнивалась с картой районирования величин соотношения C_s/C_v для весеннего половодья приведенной в приложении к

пособию [3], на которой вся рассматриваемая территория относится к соотношению $C_s/C_v=2,0$. Данное отличие можно объяснить следствием различной генерализации, так как в приложении к Пособию [10] приводится

обобщенные показатели для всей страны, а в настоящей работе показатели

более детализированы при использовании данных по гидрологическим постам за более продолжительный период времени (до 2011г.)

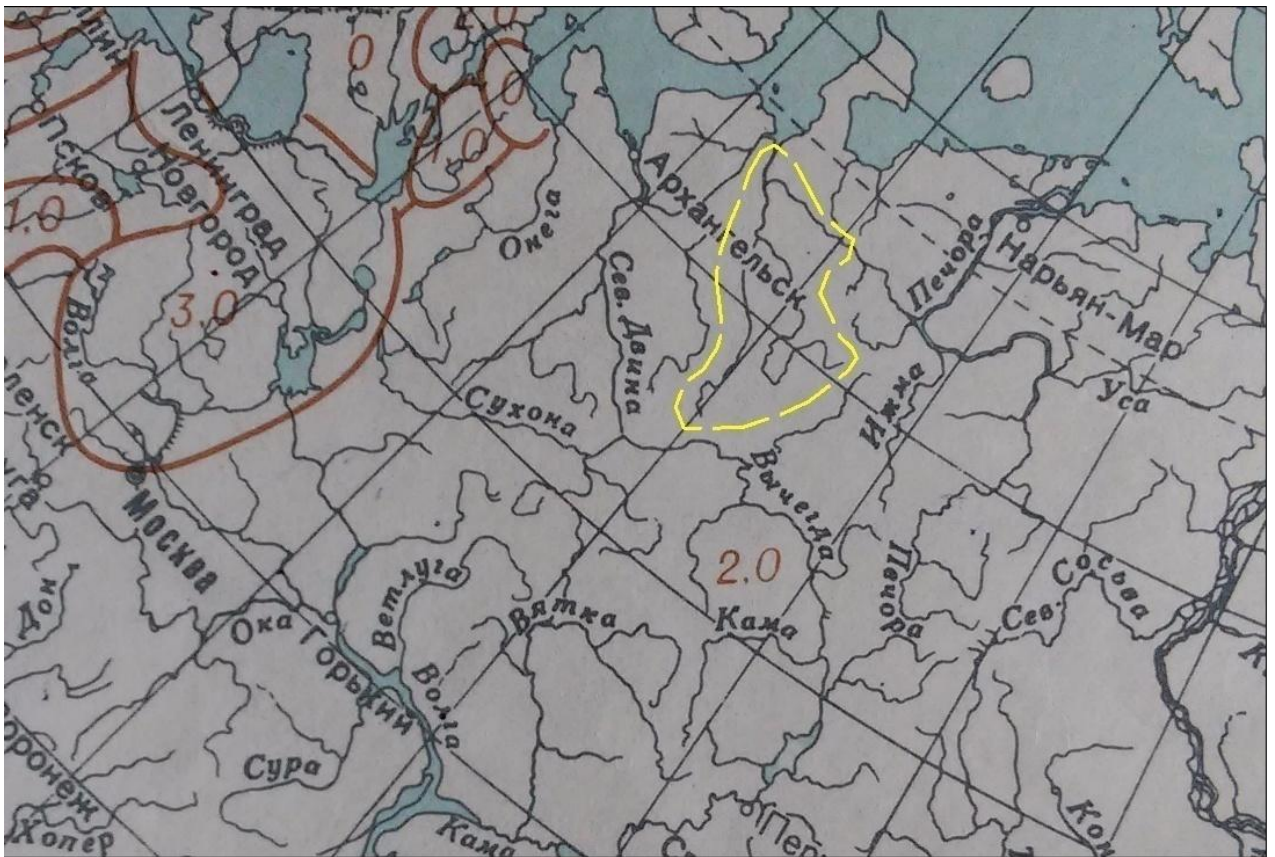


Рисунок 4. – Районирование бассейна реки Мезень по соотношению C_s/C_v слоев весеннего половодья по данным к пособию [10].

4.4 Исследование пространственной изменчивости характеристик слоя весеннего половодья

Для исследования пространственной изменчивости характеристик слоя весеннего половодья выполнено картирование значений нормы слоя половодья h_0 и коэффициента вариации C_v , рисунки 5.4 – 5.5.

Как видно на рисунке, значение нормы слоя половодья меняется от 160 – 200 мм на равнинной лесной (бассейны р. Лоптюга и Вашка) и лесотундровой части (среднее и нижнее течение реки Мезень, бассейн реки Пеза) и до 200 – 220 мм в предгорной и горнолесной части, расположенной на востоке территории и приуроченной к Тиманскому Кряжу. Истоки р. Мезень и ее правобережных притоков (Мезенская Пижма,

Сула,) расположены в пределах горного района Четласский Камень относящиеся к центральной части Тиманского кряжа.

Изменение коэффициента вариации по территории в целом изменяется от 0,18 до 0,28 увеличиваясь от устья р. Мезень в юго-восточном направлении до впадения реки Сула, где приобретает значение 0,23 и далее в восточном и южном направлении увеличиваясь до 0,26 в районе Четласского камня и до 0,27 в верховьях реки Вашка.

Полученные карты сравнивались с картами значений нормы слоя половодья $h_{0и}$ коэффициента вариации приведенными в монографии «Ресурсы поверхностных вод» [11](рисунки 5.6, 5.7).

На карте среднего слоя стока весеннего половодья в бассейне реки Мезень, построенной по данным наблюдений включающем последние годы, направление изолиний в целом совпадает с картой представленной в монографии. Значения $h_{0и}$ при этом меняются не значительно.

Следует отметить, что при сходстве расположения изолиний на карте коэффициента вариации, значения S_v изменились существенно: с 0,30 – 0,35 до 0,18 – 0,27. При этом представленная в настоящей работе карта является более детальной.

Для практических расчетов можно рекомендовать карты, представленные в настоящей работе, так как значения нормы слоя половодья и коэффициента вариации рассчитаны с использованием более продолжительных рядов наблюдений (до 2011 г.)

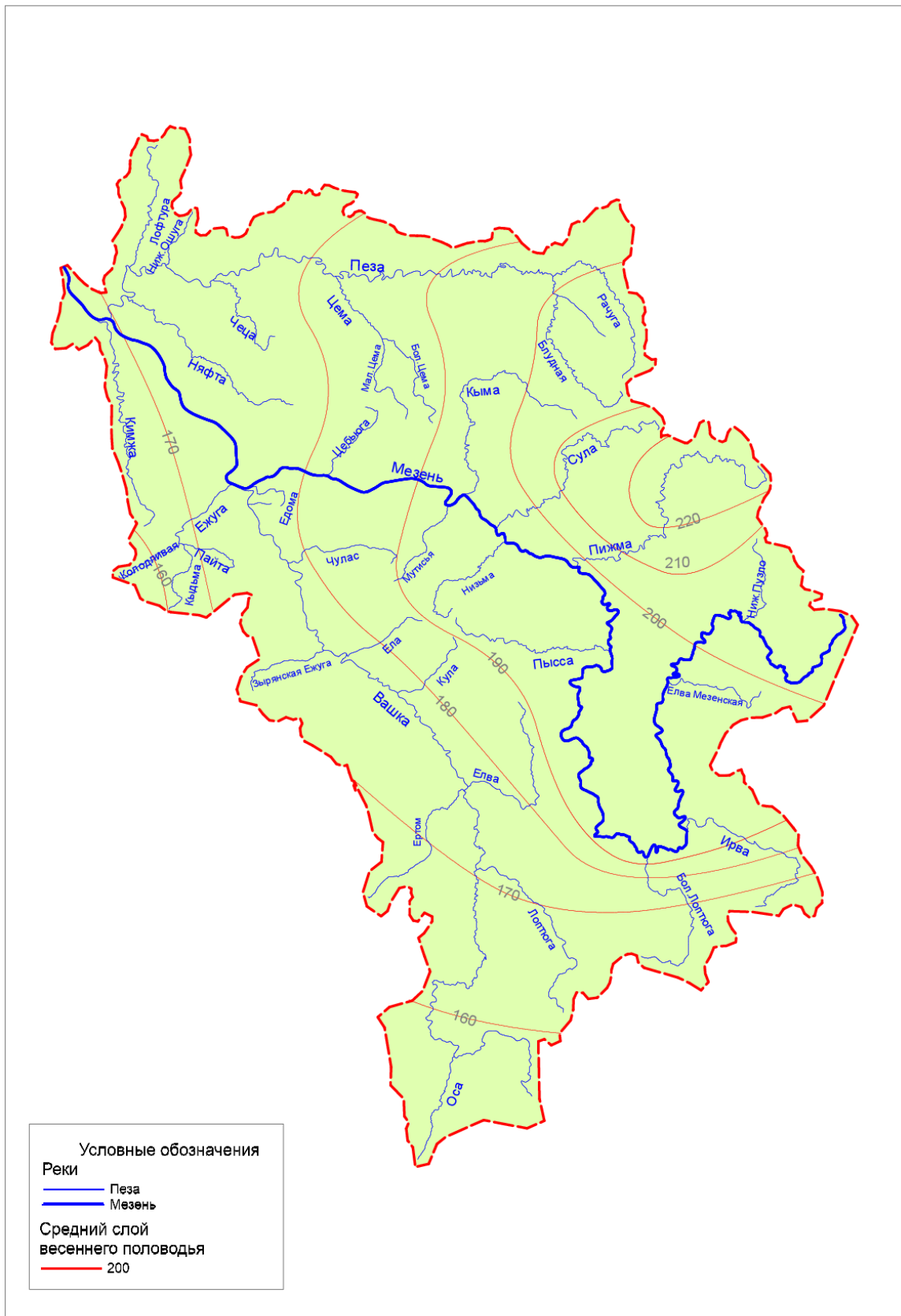


Рисунок 5.4 – Средний слой стока весеннего половодья h_0 , мм
для рек бассейна р. Мезень

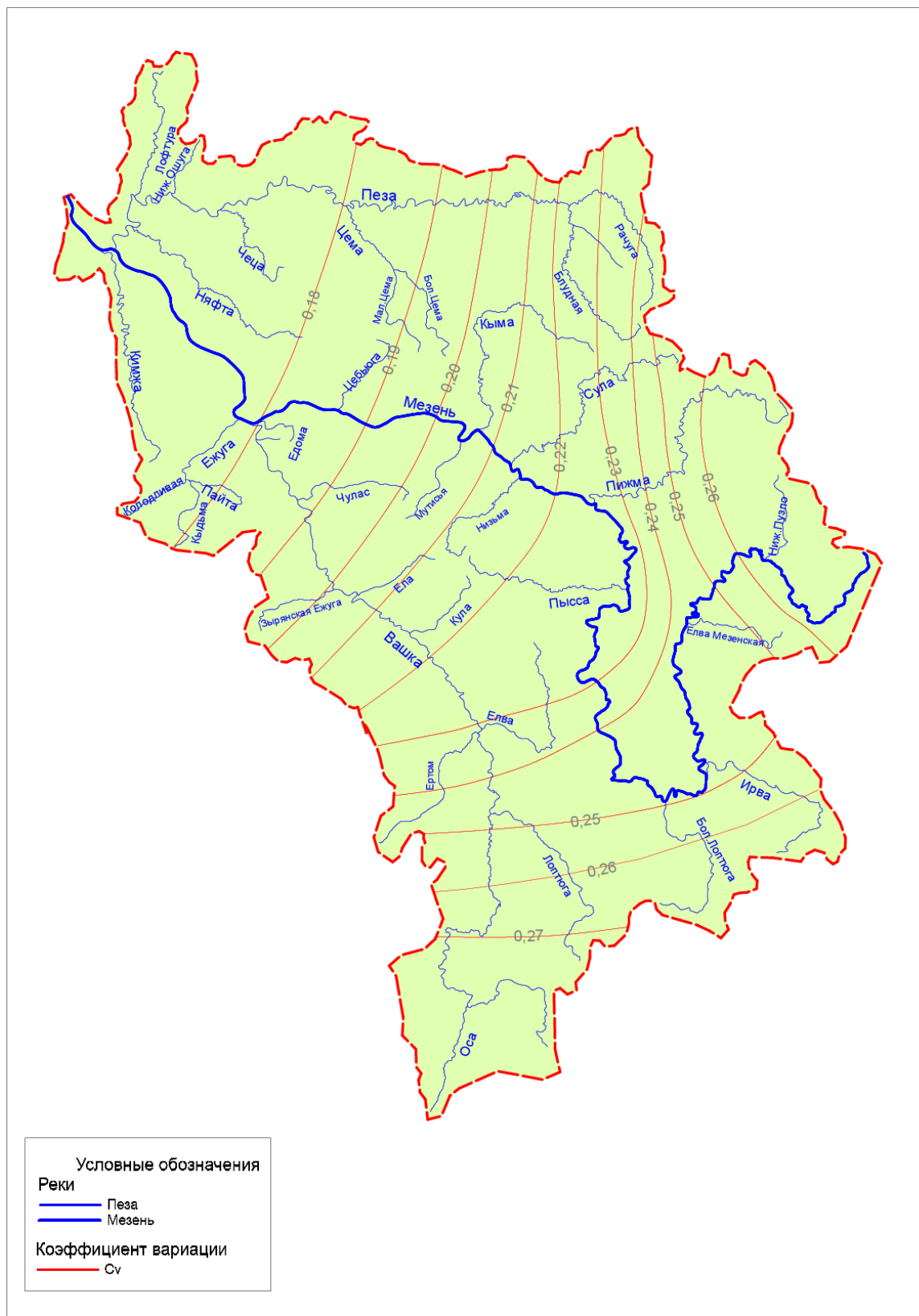


Рисунок 5.5 - Значения коэффициентов вариации C_v слоя весеннего половодья

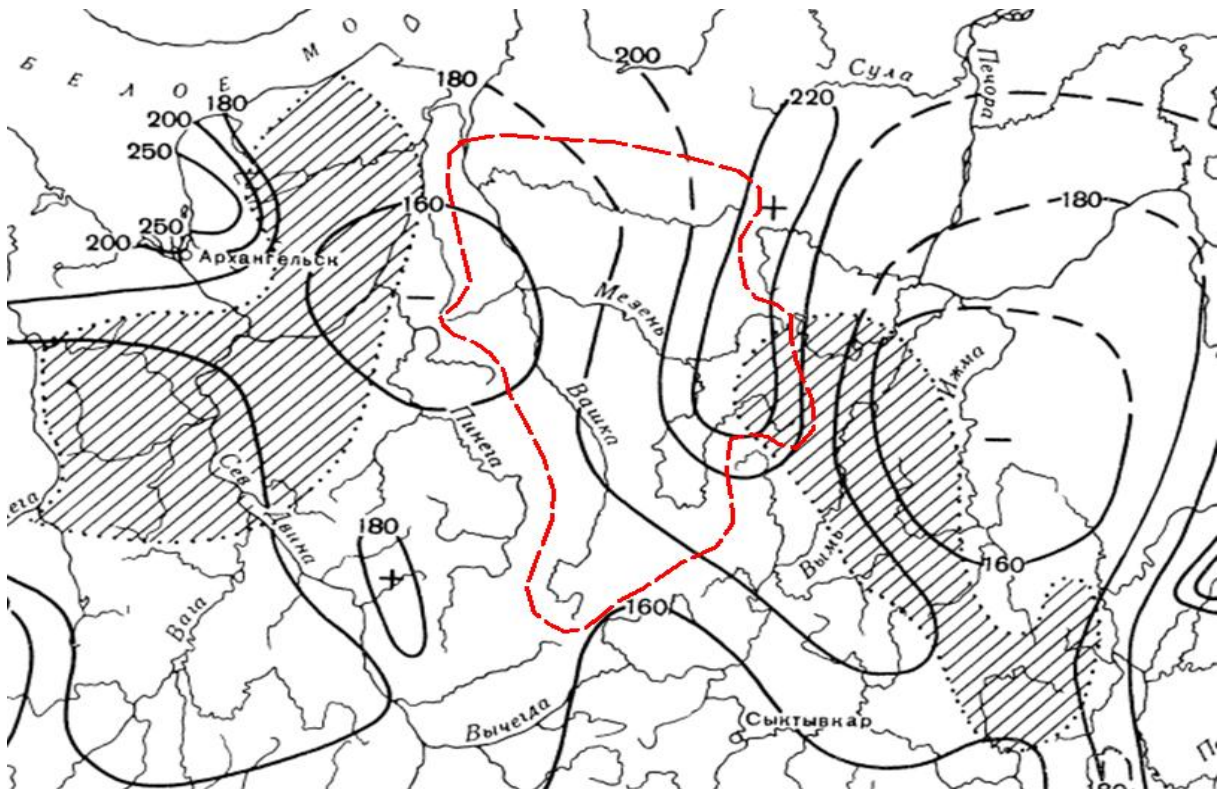


Рисунок 5.6 – Средний слой стока весеннего половодья h_0 , мм по данным справочника «Ресурсы поверхностных вод»

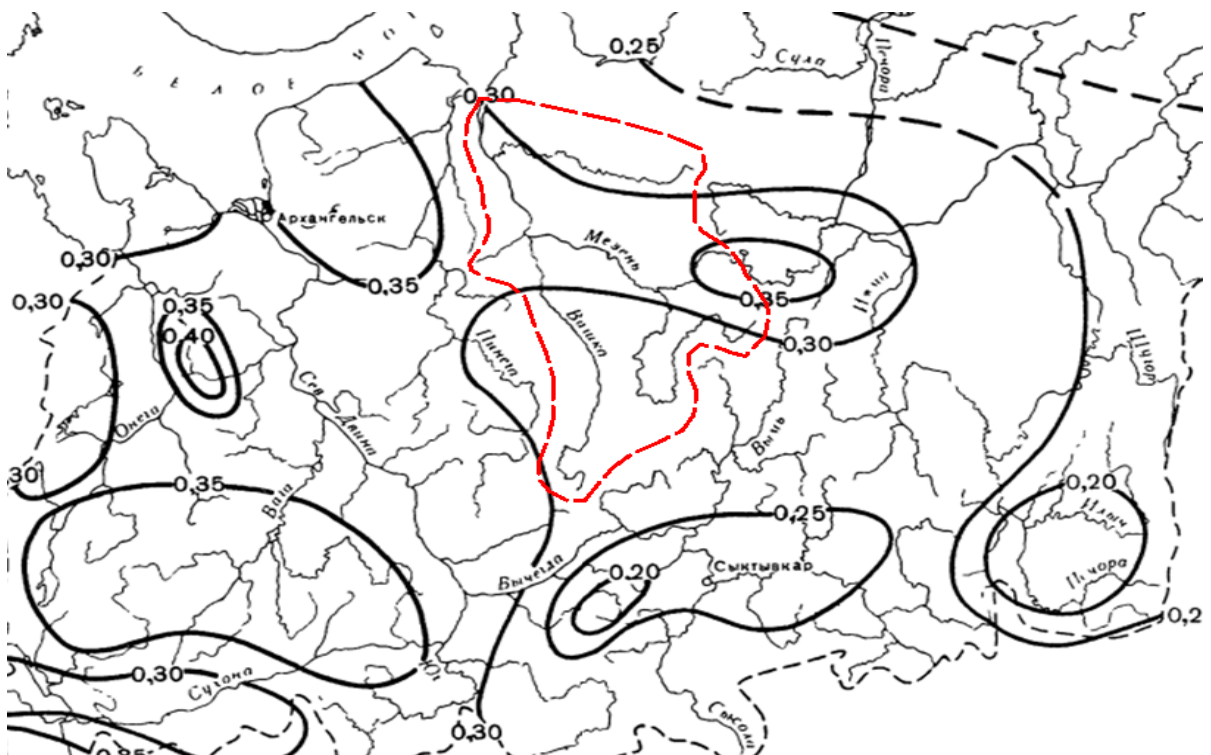


Рисунок 5.7 - Значения коэффициентов вариации C_v слоя половодья

по данным справочника «Ресурсы поверхностных вод»

3 РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

В соответствии с СП 33-101-2003 [14] расчет максимальных расходов весеннего половодья $Q_{P\%}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) заданной ежегодной вероятностью превышения $P\%$ при отсутствии данных гидрометрических наблюдений производится по формуле:

$$Q_{P\%} = \frac{K_0 h_0 \mu A}{(A+A_1)^n} \delta \delta_1 \delta_2 \quad (5.1)$$

где K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья;

рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы(5.1);

$h_{P\%}$ – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), мм, ежегодной вероятности превышения $P\%$ определяют в зависимости от коэффициента вариации C_v и отношения C_s/C_v , а также среднего многолетнего слоя стока h_0 ;

μ – коэффициенты, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды;

$\delta, \delta_1, \delta_2$ – коэффициенты, учитывающие влияние озер, залесенности (δ_1) и заболоченности речных водосборов (δ_2), на максимальные расходы воды;

A – площадь водосбора исследуемой реки до расчетного створа, км^2 ;

- A_l – дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукии модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км² ;
- n – показатель степени редукии;

Коэффициент δ , учитывающий снижение максимального расхода воды весеннего половодья на реках, зарегулированных проточными озерами, определяется по формуле:

$$\delta = \frac{1}{(1 + CA_{оз})} \quad (5.2)$$

где C – коэффициент, принимаемый равным 0,2 для лесной и лесотундровой зоны.

Коэффициент δ_1 , учитывающий снижение максимальных расходов воды в залесеных бассейнах, определяется по формуле:

$$\delta_1 = \frac{a}{(A_l + 1)^n} \quad (5.3)$$

где n – коэффициент редукии, устанавливаются по зависимости $q_{max} = f(A_l)$ с учетом преобладающих на водосборе почвогрунтов;

a – коэффициент, учитывающий расположение леса на водосборе (в верхней или нижней части водосбора), а также природную зону (лесная или лесотундровая);

Коэффициент δ_2 , учитывающий снижение максимальных расходов воды с заболоченных водосборов, определяется по формуле:

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg(0.1A_6 + 1) \quad (5.4)$$

где β – коэффициент, определяемый в зависимости от типа болот и механического состава почвогрунтов вокруг болот и заболоченных земель (со слоем торфа не менее 30 см);

A_b – относительная площадь болот, заболоченных лесов и лугов в бассейне реки, %;

При заболоченности менее 3% или проточной средневзвешенной озерности более 6% коэффициент δ_2 принимают равным единице. Для горных рек коэффициенты δ_1 и δ_2 равны единице.

Для уточнения районных параметров редуционной формулы были использованы результаты расчетов, выполненных в разделе 4.

5.1 Оценка районного показателя редукации

Для построения районной редуционной зависимости были использованы данные по 11 постам. Исходные данные для построения редуционной зависимости приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Исходные данные для построения редуционной зависимости

Река - створ	$A, \text{ км}^2$	$q_{1\%}, \text{ л/с км}^2$	$h_{1\%}, \text{ мм}$	$q_{1\%}/p_{1\%}$	$\lg(A+1)$	$\lg(q_{1\%}/h_{1\%})$
р.Мезень - д.Малонисогорская	56400	170	305	0,56	4,75	-0,25
р.Вашка - д.Вендинга	6980	162	269	0,60	3,84	-0,22
р.Вашка - д.Рещельская	19000	178	276	0,64	4,28	-0,19
р.Пеза - д.Сафоново	4520	250	293	0,85	3,66	-0,07
р.Пеза - д.Игумново	12000	212	261	0,81	4,08	-0,09
р.Сула - с.Нижне-Сульское	1050	509	348	1,46	3,02	0,16
р.Мезень - с.Большая Пысса	16100	196	312	0,63	4,21	-0,20
р.Мезень - д.Мазариб	6450	267	221	0,81	3,81	0,00

р.БольшаяЛоптюга - д.Буткан	2010	197	284	0,69	3,30	-0,16
р.Мезенская Пижма - с.Ларкино	2930	333	407	0,82	3,47	-0,09
р.Ежуга(Щелья) - д.Чублас	1240	248	237	1,05	3,09	0,02

По данным таблицы 5.1 построен график зависимости: $\lg\left(\frac{q_{1\%}}{h_{1\%}}\right) = f(\lg(A + 1))$, рисунки 5.1. Показатель степени редукции района составляет 0,18.

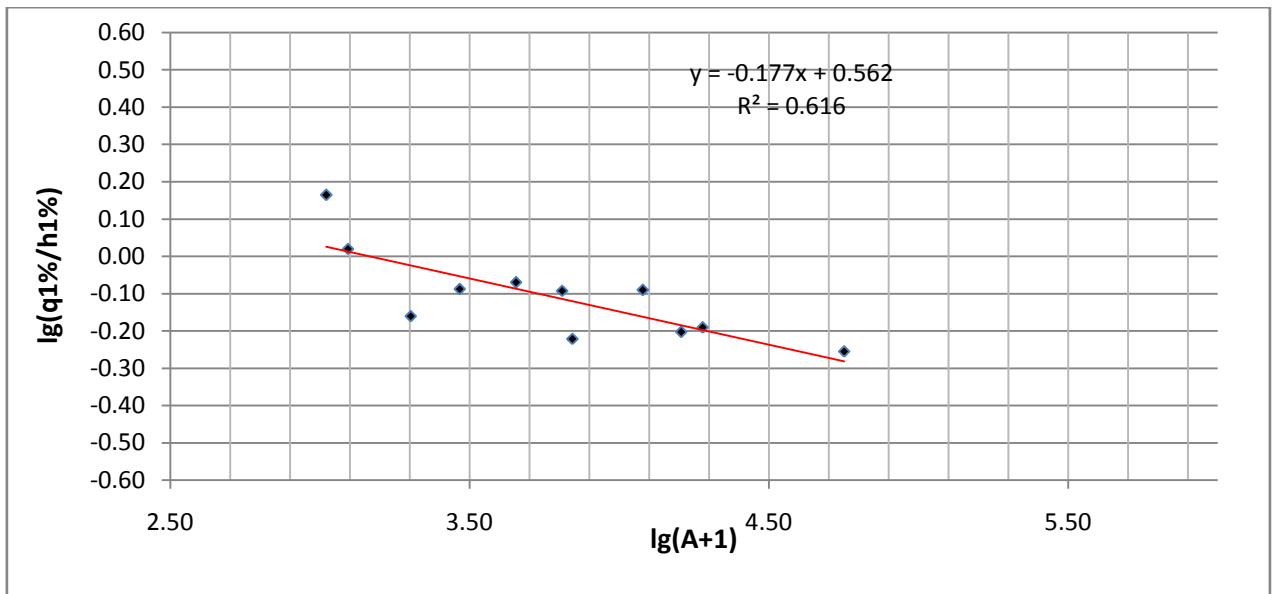


Рисунок 5.1 – Редукционная зависимость для бассейна реки Мезень.

Полученные результаты сравнивались, с данными представленными в монографии «Ресурсы поверхностных вод» и СНиП 2.01.14-83, таблица 5.2.

Таблица 5.2 - Сравнение результатов расчетов

Источник данных	Территориальный охват	Показатель степени редукции, n
«Ресурсы поверхностных вод»	вся рассматриваемая территория	0,17
СНиП 2.01.14-83	горная и предгорная часть	0,15

	равнинная часть	0,25
Результаты расчетов	вся рассматриваемая территория	0,18

Учитывая, что в работе использовались данные по гидрологическим постам за более продолжительный период времени (до 2011 г.), чем в монографии «Ресурсы поверхностных вод» и СНиП 2.01.14-83, результаты расчетов, представленные в данной работе, следует считать более надежными.

5.2 Расчет переходных коэффициентов μ

Расчет переходных коэффициентов μ ежегодной вероятностью превышения $P\%$ выполнен по формуле:

$$\mu_{P\%} = \frac{q_{P\%} h_{1\%}}{q_{1\%} h_{1\%}} \quad (5.2)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5.3. Осредненные величины переходных коэффициентов μ по гидрологическим районам приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.3 - Расчет переходных коэффициентов *межегодной* вероятностью превышения *P%* для рек бассейна р. Мезень

№ п/п	Река - створ	Площадь водосбора, км ²	Обеспеченность, <i>P%</i>						
			0,1	1	3	5	10	25	50
1	р.Мезень - д.Макариб	6450	1,07	1	1,01	0,95	0,93	0,90	0,88
2	р.Мезень - с.Большая Пысса	16100	1,05	1	0,98	0,96	0,93	0,89	0,86
3	р.Мезень - д.Малонисогорская	56400	1,04	1	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96
4	р.БольшаяЛоптюга - д.Буткан	2010	0,99	1	0,97	0,99	0,99	0,97	0,94
5	р.Мезенская Пижма - с.Ларкино	2930	0,98	1	0,99	1,00	1,01	1,03	1,10
6	р.Сула - с.Нижне-Сульское	1050	1,21	1	0,89	0,88	0,83	0,77	0,73
7	р.Едома - лесхиму-часток Оськино	120	1,72	1	0,96	0,96	0,94	0,89	0,83
8	р.Вашка - д.Вендинга	6980	1,07	1	0,98	0,95	0,93	0,89	0,85
9	р.Вашка - д.Рещельская	19000	1,14	1	0,93	0,91	0,87	0,83	0,80
10	р.Ежуга(Щелья) - д.Чублас	1240	1,13	1	0,98	0,97	0,94	0,87	0,76
11	р.Пеца - д.Сафоново	4520	1,00	1	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96
12	р.Пеца - д.Игумново	12000	1,04	1	0,97	0,96	0,94	0,89	0,84

Таблица 5.4 - Осредненные величины переходных коэффициентов
межегодной вероятностью превышения $P\%$ для бассейна реки Мезень.

Природная зона	Обеспеченность, $P\%$						
	0,1	1	3	5	10	25	50
Лес и лесотундра	1,12	1,00	0,97	0,96	0,94	0,91	0,88

Полученные значения коэффициентов μ в диапазоне обеспеченностей от 0,1% до 50% сравнивались с коэффициентами, представленных в СНиП 2.01.14-83, таблица 5.5. При сравнении таблиц, видно, что основное отличие наблюдается в лесной зоне, это можно объяснить тем, что на рассматриваемой территории лесная зона представлена в горной и предгорной части, а в СНиП 2.01.14-83 значения приведены обобщенно для большой территории СССР, без деления по высотному признаку. Для лесостепной и степной зон рассчитанные значения коэффициентов μ незначительно отличаются от представленных в СНиП 2.01.14-83.

Таблица 5.5 - Значения коэффициента μ по данным СНиП 2.01.14-83

Источник	Обеспеченность, $P\%$						
	0,1	1	3	5	10	25	50
СНиП 2.01.14-83	1,02	1,00	0,97	0,96	0,93	0,90	0,86
Расчет	1,12	1,00	0,97	0,96	0,94	0,91	0,88

Учитывая, что в работе использовались данные по гидрологическим постам за более продолжительный период времени (до 2011 г.) и степень генерализации более подробная, чем в СНиП 2.01.14-83, результаты расчетов, представленные в данной работе, следует считать более надежными. Поэтому для неизученных рек исследуемой территории

следует принимать осредненные значения коэффициентов μ (таблица 5.4).

5.3 Расчет коэффициента K_0

Для рек бассейна р. Мезень выполнен расчет коэффициента K_0 , таблица 5.6.

Таблица 5.6 - Расчет коэффициента K_0 для рек бассейна р. Мезень

Река - створ	$A, \text{км}^2$	$Q_{1\%}, \text{м}^3/\text{с}$	$h_{1\%}, \text{мм}$	$f_{03}, \%$	$f_l, \%$	$f_b, \%$	δ	δ_1	δ_2	K_0
р.Мезень - д.Макариб	6450	1725	331	1	89	7	1,00	0,37	0,84	0,0126
р.Мезень - с.Большая Пысса	16100	3150	312	1	91	5	1,00	0,37	0,88	0,0111
р.Мезень - д.Малонисогорская	56400	9571	305	1	89	6	1,00	0,37	0,86	0,0125
р.Большая Лоптюга - д.Буткан	2010	395	284	1	95	2	1,00	0,37	0,94	0,0079
р.Мезенская Пижма - с.Ларкино	2930	962	407	1	89	8	1,00	0,37	0,82	0,0111
р.Сула - с.Нижне-Сульское	1050	534	348	1	91	6	1,00	0,37	0,86	0,0161
р.Едома - лесхиму-часть Оськино	120	86,5	377	1	41	56	1,00	0,44	0,43	0,0242
р.Вашка - д.Вендинга	6980	1129	269	1	94	2	1,00	0,37	0,94	0,0085
р.Вашка - д.Рещельская	19000	3380	276	1	92	4	1,00	0,37	0,90	0,0115
р.Ежуга (Щелья) - д.Чублас	1240	308	237	1	70	27	1,00	0,39	0,60	0,0160

р.Пеза - д.Сафоново	4520	1128	293	4	64	28	0,80	0,40	0,59	0,0204
р.Пеза - д.Игумново	12000	2544	261	3	54	40	0,80	0,41	0,51	0,0260

Были приняты расчетные коэффициенты:

$$n = 0.18; \quad A_1 = 1; \quad n' = 0.22$$

С использованием данных таблицы 5.6 было выполнено районирование коэффициента K_0 для рек бассейна р. Мезень, рисунок 5.3.

В монографии «Ресурсы поверхностных вод» проводится картирование коэффициента K_0 для рассматриваемой территории при их сравнении с рассчитанными величинами, можно сделать вывод, что коэффициенты приведенные в монографии значительно отличаются от расчетных.

Учитывая, что в работе использовались данные по гидрологическим постам за более продолжительный период времени (до 2011 г.), результаты расчетов, представленные в данной работе, следует считать более надежными. Поэтому для неизученных рек исследуемой территории следует принимать коэффициент K_0 по выполненному районированию (рисунок 5.3).

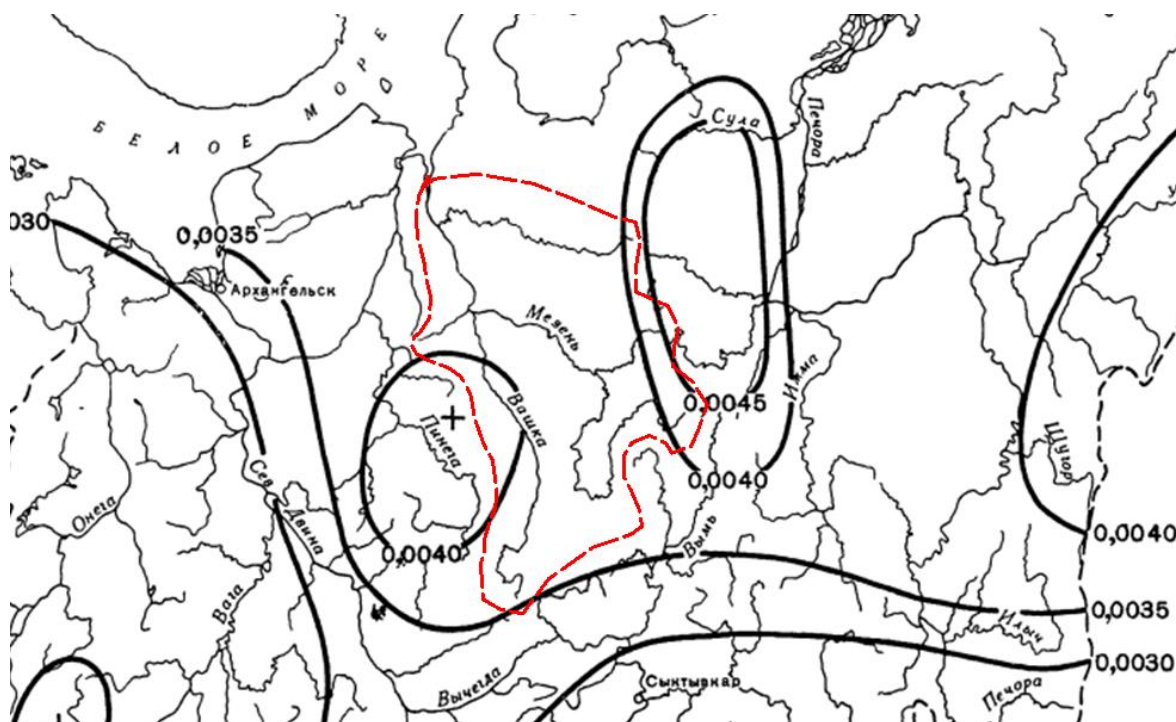


Рисунок 5.3 - Значения коэффициента K_0 , характеризующего дружность весеннего половодья, из монографии «Ресурсы поверхностных вод»

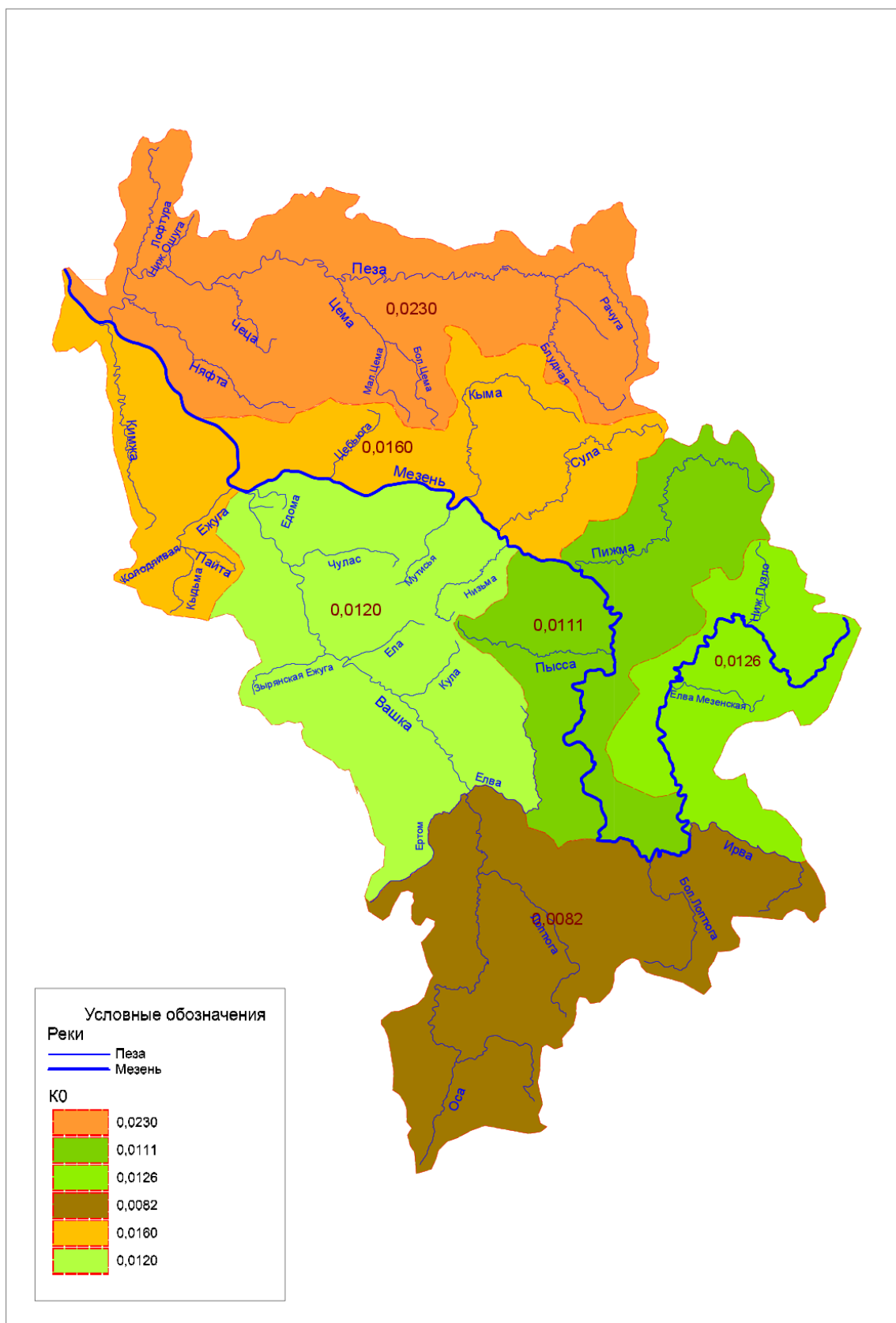


Рисунок 5.4 - Значения коэффициента K_0 , характеризующего дружность весеннего половодья, для рек бассейна Мезень по данным расчетов

6 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ

Оценка эффективности методики проводилась для 11 постов бассейна реки Мезень по формуле:

$$\sigma = \frac{Q_{1\% \text{ряд}} - Q_{1\% \text{формула}}}{Q_{1\% \text{ряд}}} 100\% \quad (6.1)$$

- где σ – ошибка расчета;
- $Q_{1\% \text{ряд}}$ – максимальный расход однопроцентной обеспеченности рассчитанный по ряду гидрометрических наблюдений;
- $Q_{1\% \text{формула}}$ – максимальный расход однопроцентной обеспеченности рассчитанный по формуле (5.1)

Ошибка расчета по формуле, параметры которой корректировались с учетом данных последних лет наблюдений не превышала 21 %. Результаты проверки представлены в таблица 6.1.

Таблица 6.1 – Расчет максимального расхода 1% обеспеченности при недостаточности данных ($\mu = 1$; $A_1 = 1$)

Река - створ	Параметры расчетной формулы							Проверка		Ошиб ка про- верки, σ %
	A , км ²	$h_{1\%}$, мм	n	δ	δ_1	δ_2	КО	по форму- ле Q , м ³ /с	по ряду $Q_{1\%}$, м ³ /с	
р.Мезень - д.Макариб	6450	315	0,18	1	0,37	0,84	0,0126	1645	1725	5
р.Мезень - с.Большая Пысса	16100	309	0,18	1	0,37	0,88	0,0111	3131	3150	1
р.Мезень - д.Малонисогорская	56400	251	0,18	1	0,37	0,86	0,0120	7551	9571	21
р.БольшаяЛоптюга - д.Буткан	2010	283	0,18	1	0,37	0,94	0,0082	411	395	4
р.Мезенская Пижма - с.Ларкино	2930	365	0,18	1	0,37	0,82	0,0111	861	962	11
р.Сула - с.Нижне- Сульское	1050	343	0,18	1	0,37	0,86	0,0160	522	534	2
р.Ежуга(Щелья) - д.Чублас	1240	223	0,18	1	0,39	0,60	0,0160	287	308	7
р.Вашка - д.Вендинга	6980	277	0,18	1	0,37	0,94	0,0082	1118	1129	1
р.Вашка - д.Рещельская	19000	242	0,18	1	0,37	0,90	0,0120	3102	3380	8
р.Пеза - д.Сафоново	4520	289	0,18	0,8	0,40	0,59	0,0230	1253	1128	11
р.Пеза - д.Игумново	12000	251	0,18	0,8	0,41	0,51	0,0230	2161	2544	15

Таким образом, предложенную в работе расчетную формулу, можно применять для практических задач, связанных с расчетом максимального стока весеннего половодья при отсутствии данных наблюдений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным проведенных исследований в дипломном проекте были получены следующие результаты.

Выполнен сбор и анализ исходной информации – данных по максимальным расходам и слоям весеннего половодья рек бассейна р. Мезень. Были собраны материалы наблюдений 13 гидрологических поста, которые отвечали следующим требованиям: продолжительность наблюдений не менее 6 лет, отсутствие значимых антропогенных изменений.

По данным метеонаблюдений, на станция Мезень и Койнас, были построены и проанализированы хронологические графики температур и осадков за холодный период с 1950 по 2010 гг. Анализ показал, что на северной станции Мезень имеется значимый положительный тренд для осадков холодного периода года, при этом максимальный сток весеннего половодья ближайших водотоков остался без изменений. Это позволяет предположить, что снеготаяния, формирующие весеннее половодье, значительно не увеличились, в следствии увеличения испарения с поверхности снежного покрова, обусловленного увеличением зимних температур воздуха, в особенности в конце периода.

Для выбранных постов выполнена оценка однородности и стационарности рядов максимального весеннего стока. Установлено, что ряды максимальных расходов и слоев весеннего половодья для рек бассейна р. Мезень являются однородными. Значимые тренды отсутствуют.

Была выполнена оценка основных статистических характеристик и их погрешностей. Относительные погрешности средних значений и коэффициентов вариации в исследуемых рядах максимальных расходов и слоев половодья не превышают допустимых.

Построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей Пирсона Штипа и Крицкого-Менкеля. Рассчитаны максимальные расходы и слои весеннего половодья различной обеспеченности. Расчет выполнялся методом моментов.

С учетом большой погрешности коэффициента асимметрии для принятия среднего районного значения, было проведено районирование соотношения C_s/C_v весеннего половодья. В результате на рассматриваемой территории были выделены два гидрологических района:

- 1-й гидрологический район с $C_s/C_v = 0,5$ (равнинная часть лесной и лесотундровой зоны);
- 2-й гидрологический район с $C_s/C_v = 1,0$ (предгорная часть лесной и лесотундровой зоны);
- 3-й гидрологический район с $C_s/C_v = 3$ (горная часть лесной зоны);

Проанализирована пространственная изменчивость характеристик нормы слоя стока h_0 коэффициента вариации C_v для всего бассейна. А так же было выполнено картирование данных характеристик.

Сравнение с картой значений нормы слоя весеннего половодья h_0 и коэффициента вариации C_v , приведенной в монографии «Ресурсы поверхностных вод» показало существенное отличие в следствии различной генерализации, и так как в монографии приводятся обобщенные данные для всей страны. Поэтому карта представленная в данной работе является более детальной и более подходит для дальнейших расчетов.

На основе полученных данных было проведено уточнение значения районного показателя редукции для всего бассейна реки Мезень. Показатель редукции составил $n = 0.18$.

Получены значения переходных коэффициентов μ , которые сравнивались с значениями представленных в СНиП 2.01.14–83, и можно сказать что отличаются они незначительно.

Выполнен расчет и районирование коэффициента K_0 , характеризующего дружность весеннего половодья. Его диапазон изменения по территории бассейна р. Мезень составил от 0,0082 до 0,0232.

На основе картирования и уточнения районных показателей значений стока была проведена проверка эффективности приведенной методики расчета характеристик стока для неизученных рек, где полученные данные сравнивались с эмпирическими. Результаты проверки показали что ошибка формулы не превышает 21 % и формула может быть признана расчетной.

Таким образом, разработана региональная методика для расчета расходов воды весеннего половодья для неизученных водотоков бассейна реки Мезень. Учитывая, что работа выполнена в соответствии с действующей нормативно-технической документацией и расчеты проведены с использованием более продолжительных рядов наблюдений (до 2013г.) полученные данные можно использовать для дальнейших расчетов при инженерно-изыскательских работах и проектировании гидротехнических объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365с.
- 2 Геология СССР. Монография. Т.2. Архангельская, Вологодская и Коми АССР. М.: Государственное Научно – Техническое Издательство литературы по геологии и охране недр, 1963. – 1081 с.
- 3 Географический вестник. Физическая география и геоморфология. Чалов Р.С. Завадский А.С. Рулева С.Н. Чалов С.Р. Морфология, переформирование русла и перекатов р. Мезени (нижнее течение). – М.: МГУ. 2010. №3. Вып. 14.
- 4 Горошков И.В. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 439 с.
- 5 Ильина Л.Л. Грахов А.Н. Реки Севера. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 128 с.
- 6 Магрицкий В.И. Речной сток и гидрологические расчеты. Практические работы с выполнением при помощи компьютерных программ. – М.: Издательство Триумф, 2014. – 184 с.
- 7 Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – СПб.: Нестор – История, 2009. – 193 с.
- 8 Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. – СПб.: Санкт – Петербург, 2004. – 67 с.
- 9 Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – СПб.: Нестор – История, 2009. – 162 с.
- 10 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 444 с.

- 11 Ресурсы поверхностных вод СССР. Монография. Т. 3. Северный край. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 664
- 12 Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.
- 13 СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 2004. – 35 с. с.
- 14 СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 2004. – 73 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ