



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 **Расчет максимального стока
рек бассейна р.Печора**

Исполнитель **Трофимова Евгения Дмитриевна**
(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 2022г.

Санкт-Петербург
2022

Содержание

1. Физико-географическая и климатическая характеристика района исследований	5
1.1 Географическое положение	5
1.2 Рельеф и геологическое строение	6
1.3 Почвы и растительность	9
1.4 Многолетняя мерзлота	11
1.5 Климат.....	13
1.5.1 Анализ изменения климата	16
2. Гидрологическая характеристика района исследований	23
2.1 Гидрографическое описание.....	23
2.2 Гидрологическая изученность	28
2.3 Водный режим.....	29
3. Анализ рядов максимальных расходов и слоев половодья.....	33
3.1 Исходные данные	33
3.2 Оценка значимости линейных трендов.....	34
3.3 Проверка рядов на однородность.....	37
4. Расчет максимальных расходов и слоев весеннего половодья в пунктах наблюдений гидрологической сети.....	41
4.1 Оценка основных статистических характеристик и их погрешностей	41
4.2 Расчет максимальных расходов и слоев весеннего половодья различной обеспеченности	44
5. Расчет максимальных расходов весеннего половодья в пункте гидрологической сети при отсутствии данных наблюдений	48
5.1 Расчет коэффициента, характеризующего дружность весеннего половодья (K_0)	49
5.2 Расчет коэффициентов, учитывающих неравенство статистических параметров максимальных расходов и слоев половодья ($\mu_P\%$).....	50
Заключение	52
Список использованной литературы.....	53
Приложение А	Error! Bookmark not defined.
Приложение Б.....	Error! Bookmark not defined.
Приложение В	Error! Bookmark not defined.

Приложение Г**Error! Bookmark not defined.**

Приложение Д**Error! Bookmark not defined.**

Введение

В настоящей работе будет выполнен расчет максимальных расходов воды и слоев стока весеннего половодья бассейна р. Печора, их основные статистические характеристики, расчет упомянутых характеристик при отсутствии данных наблюдений с использованием редуционной формулы для объекта р.Исаковка – пос. Каджером, проведено сравнение с результатами, полученными при наличии данных наблюдений. Расчеты выполнены с учетом данных наблюдений за последние годы.

Для решения поставленной задачи были использованы ряды данных максимальных расходов по 17 гидрологическим постам и ряды данных слоев стока по 8 гидрологическим постам на реке Печора и ее притоках – реках Уса, Ижма, Ухта, Пижма, Цильма и Сула.

Работа включает в себя 5 глав, введение и заключение.

Первая глава будет посвящена физико-географическим характеристикам, оценке изменения климата региона.

Вторая глава раскроет гидрологический режим рек бассейна р.Печора

В третьей главе будет произведен статистический анализ рядов исследуемых характеристик.

Четвертая глава будет посвящена расчету максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья. Уточнятся параметры редуционной формулы.

Пятая глава включит в себя расчеты максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья при отсутствии данных наблюдений для р.Исаковка – пос.Каджером. Будет выполнен анализ характеристик, полученных различными способами (при наличии данных и их отсутствии)

В Заключении будет предоставлен анализ полученных результатов.

1. Физико-географическая и климатическая характеристика района исследований

1.1 Географическое положение

Бассейн р. Печора расположен в Республике Коми на северо-востоке Восточноевропейской (Русской) равнины и частично на горном Урале.

Местоположение бассейна р. Печора определяется координатами 62 и 69° с.ш. и 46 и 66° в.д. В административном отношении река Печора протекает в пределах Северо-Западного федерального округа (СЗФО), двух субъектов Российской Федерации (исток и большая часть бассейна реки находятся в пределах Республики Коми, северная устьевая часть бассейна – в Ненецком автономном округе). (рисунок 1.1).

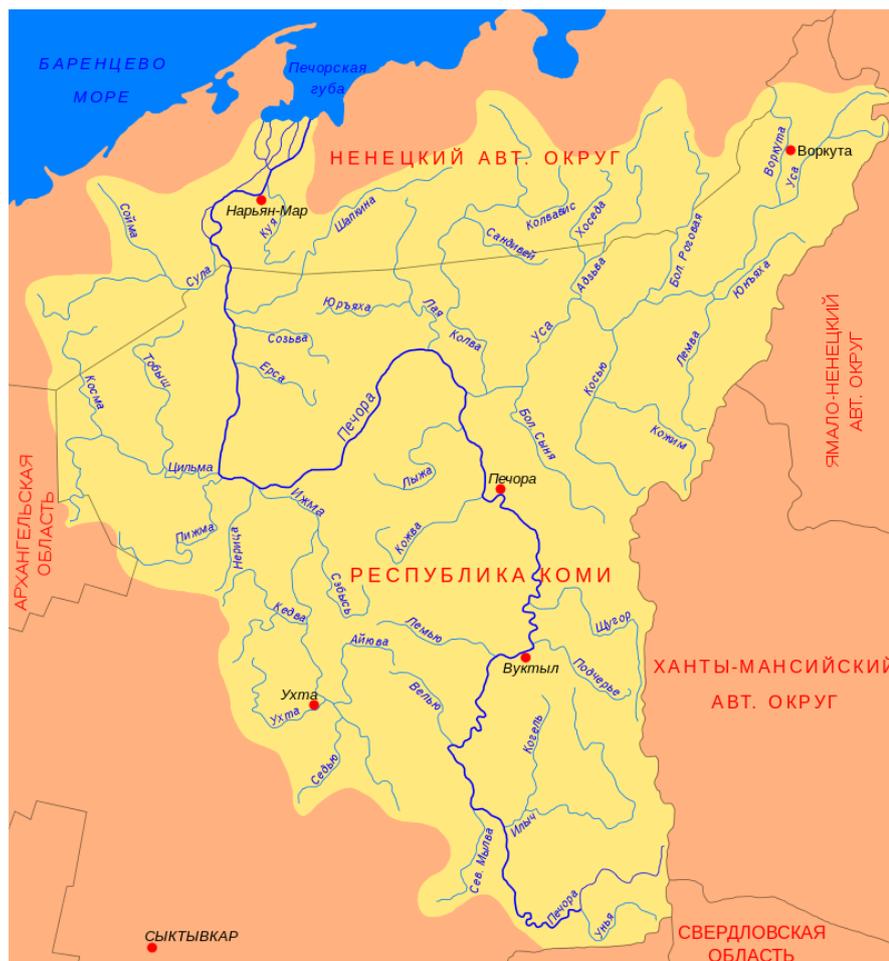


Рисунок 1.1 – Карта района исследований

Длина р. Печора составляет 1809 км, площадь ее водосборного бассейна – 322 тыс. км². Исток расположен в юго-восточной части Республики Коми, течет преимущественно на юго-запад. Его высота – 675 м над уровнем моря.

От истока до устья реки Уньи Печора имеет горный характер. У посёлка Якши (после впадения реки Волостница) поворачивает на север и течёт по Печорской низменности до Усть-Усы. После устья реки Усы поворачивает на запад, образуя широкое колено с двумя большими излучинами. Ширина русла здесь достигает 2 км, в долине появляются обширные пойменные луга. В районе Усть-Цильмы (после впадения рек Пижмы и Цильмы) Печора снова поворачивает на север, на этом участке её широкая пойма изрезана многочисленными протоками и старицами.

Примерно в 130 км от устья Печора делится на два рукава — восточный (Большая Печора) и западный (Малая Печора). Ниже, в районе Нарьян-Мара, река образует дельту шириной около 45 км и впадает в Печорскую губу Печорского моря. Присутствуют сгонно-нагонные течения.

Общий уклон реки — 0.373 м/км. В верхнем течении (выше устья Илыча) уклон составляет 2.5—3.0 м/км, река быстра, порожиста, её дно каменисто. Ниже Усть-Илыча уклон 0.10—0.11 м/км, сток Печоры почти удваивается, русло расширяется со 100—150 до 300 м, грунт дна меняется с каменистого на песок, смешанный с галькой и гравием. [1]

1.2 Рельеф и геологическое строение

Территория района исследований обладает сложным геологическим строением. По характеру рельефа, в котором в определенной степени отражаются особенности геологического строения, она подразделяется на две неравные части. Западная часть представляет собой в основном слабохолмистую равнину, восточная – область горноскладчатых сооружений Урала.

Западная – наибольшая часть территории района исследований,

структурно принадлежит к северо-восточной краевой части Европейской платформы, состоящей из Печорской плиты.

Восточная – меньшая часть территории района исследований, относится к палеозойской Уральской складчатой области. В современном структурном плане она соответствует Уральскому кряжу.

В геологическом строении территории района исследований участвуют разнообразные по составу и происхождению горные породы, от древнейших раннедокембрийских с возрастом пород более 2 млрд. лет до современных. В современном структурном плане на поверхности плиты выделяются крупнейшие положительные и отрицательные региональные структуры (с юго-запада на северо-восток): Тиманская гряда, Печорская синеклиза и Предуральский краевой прогиб.

Из позднейших образований на территории района исследований господствуют отложения четвертичной системы, которые включают осадки не менее трех оледенений. Отложения ледниковых эпох представлены моренными валунными суглинками, флювиогляциальными песками. Осадки межледниковий в основном аллювиальные и озерно-болотные.

Основные формы рельефа района исследований отражают элементы доледниковой поверхности. В формировании современного рельефа особенно большое значение имела деятельность экзогенных факторов ледниковой и водно-ледниковой эрозии и аккумуляции и речной эрозии. На территории района исследований выделяется три крупных орографических областей: Тиманская возвышенность, Печорская низменность и западные склоны Урала.

Тиманская возвышенность представляет собой полосу сглаженных денудационных возвышенностей, вытянутых с юго-востока на северо-запад и служащих водоразделом бассейнов Мезени, Вычегды и Печоры. Возвышенности сильно размыты, их преобладающая высота 200-250 м над БС, лишь по осевой части кряжа обнажаются гряды коренных пород высотой до 400-470 м БС. Рельеф приобретает полугорный характер. Это выражено на Северном Тимане, где возвышаются Косминский и Четласский Камни,

Каменноугольная гряда. Там, где близко к поверхности подходят коренные карбонатные породы, развиты карстовые формы рельефа в виде воронок, пересыхающих долин с небольшими пещерами.

Печорская низменность расположена между Тиманом и Уралом, представляет собой обширную область опускания земной коры, заполненную четвертичными отложениями. Рельеф обусловлен в основном ледниковой аккумуляцией и последующей водной эрозией. Равнина имеет общий уклон к северу, отметки поверхности водоразделов 150-180 м БС. К югу от широтной части русла Печоры низменность повышается, образуя Ижма-Печорский водораздел, в основном, плоский, лишь местами на нем встречаются аккумулятивные холмы ледникового происхождения. Более расчлененный увалисто-холмистый рельеф наблюдается в районе Айювинской и Большекожвинской возвышенностей.

Северная часть Печорской низменности входит в Большеземельскую тундру и представляет собой холмистую равнину. Характерными в ее рельефе являются вытянутые возвышенности грядового характера (именуемые «мусюрами»), возвышающиеся над окружающей равниной на 40-50 м, сложенные суглинистым материалом. На востоке Большеземельской тундры расположена гряда Чернышева – слабо повышенная волнистая денудационная равнина в области дислоцированных палеозойских отложений. Преобладают высоты 200-250 м БС, местами развиты карстовые формы рельефа.

Центральную часть Печорской равнины занимает долина р. Печора с эрозионно-аккумулятивными террасами. В среднем и нижнем течении долина Печоры расширяется, в низовьях достигает до 20-25 км.

Уральский хребет в пределах района исследований по орографии разделяется на Полярный и Приполярный. Полярный Урал представляет суровую скалистую горную систему высотой 800-1200 м БС, с отдельными вершинами до 1500 м БС. В его центральной части наряду с плосковершинными образованиями возвышаются остроконечные вершины, развиты нагорные террасы и ступени, кары, троговые сквозные долины.

Приполярный Урал является наиболее возвышенной частью Урала. [2]

1.3 Почвы и растительность

Почвы. Бассейн р. Печора расположен в двух почвенных зонах: тундровой и таежно-лесной. Основными процессами почвообразования в бассейне р. Печора являются подзолообразование и заболачивание, что обусловлено положением территории в северной зоне с холодным, влажным климатом, а также преобладанием лесной, преимущественно хвойной растительности.

Почвенный покров в бассейне на большей части южнее 60° широты подзолистый супесчаный и суглинистый; в тундрах к северу от полярного круга – глеево-болотный. Широтная зональность почвенного покрова нарушается горным рельефом Урала, где наблюдается высотная поясность почв. На плоских водоразделах широко распространены обширные торфяники.

Для крайней северной (тундровой) зоны района характерны комплексы тундровых глеевых, болотно-тундровых и болотных мерзлотных почв.

По особенностям почвенного покрова, обусловленным различиями климата и литологии почвообразующих пород, в тундровую зону в пределах бассейна р. Печора входит одна Канинско-Печорская провинция. Она отличается суровой зимой и прохладным непродолжительным летом, повсеместным развитием сплошной вечной мерзлоты. Канинско-Печорская провинция характеризуется широким развитием глеевого процесса и преобладанием в структуре почвенного покрова почв с избыточным увлажнением; тундровых торфянисто- и торфяно-глеевых (болотно-тундровых) и тундровых болотных, занимающих в сумме более половины площади провинции.

К югу от тундровой зоны простирается таежно-лесная зона подзолистых почв. Здесь в почвенном покрове господствуют болотно-подзолистые и болотные почвы. Заболоченность максимальная в пределах подзоны, причем

она увеличивается за счет полугидроморфных почв. Глеподзолистые почвы формируются главным образом на моренных и покровных суглинках в условиях наилучшего дренажа. Естественное плодородие почв низкое.

Во всех почвенных зонах широко распространены болотные почвы.

Аллювиальные луговые почвы имеют оглееный горизонт на глубинах 60–70 и 30–40 см и отличаются значительным количеством перегноя и поглощенных оснований. Пойменные болотные почвы в основном низинного типа. Специфической особенностью их является большая степень заиленности.

Растительность. В пределах рассматриваемой территории представлены в основном две ботанико-географические зоны: Арктическая тундровая и Евразийская хвойно-лесная (таежная).

В бассейне р. Печора хвойно-лиственная зона представлена северной тайгой.

До впадения р. Уса леса занимают более 80% территории водосбора Печоры, а болота – около 10%, дальше на север начинается тундра.

Для северной тайги, распространившейся на Русской равнине до 64° с.ш., характерна разреженность древостоя; в подлеске низкорослые кустарники, общие с тундрами; в травяно-кустарничковом ярусе таежные, и некоторые арктические виды растительности; хорошо развит надпочвенный покров из мхов и лишайников. Большие площади заняты болотами, преимущественно верховыми.

На гривах и других возвышенностях с обедненными промывными почвами развиваются мелкотравные луга. В притеррасных частях пойм идут процессы заболачивания и заторфовывания.

В прирусловой части поймы обычны ивняки. За пределами пойм расположены материковые луга, подразделяемые на суходольные и низинные. В северной части северно-таежные еловые леса с примесью кедра и с моховым надпочвенным покровом низкогорий и среднегорий сменяются с высотой субальпийскими и альпийскими лугами. При продвижении к северной границе

пояс горных лугов заменяется горной лесотундрой. Еще севернее, горные тундры непосредственно смыкаются с равнинными тундрами.

В средней части провинции встречаются еловые моховые среднетаежные и отчасти южнотаежные елово-пихтовые травяно-моховые леса.

Растительный покров тундр образован мхами, лишайниками, травянистыми растениями, кустарничками и отчасти кустарниками. [3]

1.4 Многолетняя мерзлота

На севере района исследований распространена многолетняя («вечная») мерзлота грунтов. Эта территория занимает основную часть мерзлотной области Европейского Севера России, которая протянулась от Кольского полуострова до границы с Азией. Южная граница распространения мерзлоты (островной на своем южном пределе) проходит в пределах района исследований примерно по Полярному кругу, в восточных районах опускаясь немного южнее – до широты г. Усинска и г. Инты. По Уральским горам мерзлота проникает далеко к югу до 61° с.ш., т.е. южнее широты города Сыктывкара.

Мерзлота образовалась на Европейском Севере в позднем плейстоцене и в последующие эпохи, хотя и испытывала многочисленные периоды деградации и агградации, никогда не исчезала полностью. Распространение мерзлоты подчиняется широтной зональности и высотной поясности. С юго-запада на северо-восток и от подножия к вершинам гор уменьшается степень ее горизонтальной прерывистости. В пределах Республики Коми преобладает островная и прерывистая мерзлота, на крайнем северо-востоке Республики Коми и в пределах Ненецкого автономного округа, а также в верхнем высотном поясе Уральских гор мерзлота сплошная. Мощность мерзлоты меняется в широких пределах – от 10–15 до 500–700 м. Максимальная мощность отмечается в области распространения реликтовой мерзлоты, например, на правом берегу широтного отрезка р. Печоры и в верхнем высотном поясе Урала.

Преобладающие температуры от -0.5 до -2 °С. Такие температуры – довольно «высокие» по сравнению, например, с температурами сибирской мерзлоты, которые могут быть немного ниже -10 °С. В силу того, что мерзлота в пределах района исследований «теплая», она очень чувствительна к изменениям климата и антропогенным воздействиям.

В последнее десятилетие, в связи с озабоченностью по поводу глобального потепления климата, повысился международный интерес к мерзлоте региона. В рамках международных проектов TUNDRA, PERUSA, SPICE и CALM для бассейна реки Усы и прилегающих территорий была построена на основе ГИС модель распространения мерзлоты. Разработан прогноз эволюции мерзлоты в текущем столетии, проводится мониторинг глубины сезонного оттаивания грунтов как часть циркумполярного мониторинга.

Более половины территории, занятой мерзлотой в Республике Коми, приурочено к бассейну р. Уса.

Площадь бассейна 93.6 тыс. км², он включает часть Печорской низменности и западный макросклон Уральских гор, большая часть бассейна представляет собой таежно-тундровый экотон. Мерзлота разной степени прерывистости распространена на 75% площади бассейна.

Впервые закартографировано распространение пластовых залежей внутригрунтовых льдов в платформенной и горной частях бассейна. Эта последняя характеристика особенно важна при прогнозировании устойчивости зданий и сооружений в условиях потепления климата.

Глобальное потепление климата, происходящее в настоящее время по свидетельству международных экспертов, на территории района исследований проявляется пока слабо, маскируясь естественной климатической цикличностью и другими факторами. С 1970 года по настоящее время (период, совпадающий с интенсивным мониторингом мерзлоты) наблюдается положительный тренд в среднегодовых температурах воздуха, не выходящий, однако, за рамки многолетней межгодовой изменчивости. Если потепление

будет продолжаться, можно ожидать существенные изменения в состоянии и распространении многолетней мерзлоты. Данные прогнозов, полученных разными методами, удовлетворительно согласуются и свидетельствуют, что при умеренном потеплении (на 3 °С по среднегодовой температуре до 2080 г.) время формирования таликов на равнине будет лежать в диапазоне от первых десятилетий на суглинистых грунтах до 90-100 лет на торфяниках. Результаты как мониторинга, так и моделирования показывают, что реакция мерзлоты на любые колебания и изменения климата сильно дифференцирована по территории в соответствии с ландшафтными условиями.

На отдельных участках отмечаются даже тренды изменения температур грунтов, противоположные трендам температур воздуха. Так, на озерно-аллювиальных равнинах, до 15 % территории которых занято естественным образом осушившимися озерами, быстрое новообразование многолетней мерзлоты происходит под днищами озер на фоне многолетнего потепления климата.

В условиях вероятного потепления опасность для инфраструктуры района исследований со стороны нестабильной мерзлоты возрастает. Если определить зону высокого риска как территорию с несплошной мерзлотой (мерзлые массивы занимают 3-90 % площади) и «высокими» температурами грунтов (от 0 до -2 °С), то только в бассейне р. Усы около 60% инфраструктуры (железные дороги, населенные пункты, автодороги, линии связи) попадают в такую зону [3].

1.5 Климат

Географическое положение района исследований в высоких широтах, удаленность его от теплого Атлантического океана и близость обширного Азиатского континента обуславливают в районе исследований умеренно-континентальный климат, значительно отличающийся от климата остальной территории Европы. Значительная протяженность района исследований с юга на север и с запада на восток, а также разнообразие физико-географических

условий создают существенную разницу в климате отдельных ее районов [4]. Район исследований, входит в пределы двух климатических областей: арктической и атлантико-арктической. К арктической области относится северная часть района исследований – к северу от Полярного круга. К атлантико- арктической относится область, расположенная южнее Полярного круга.

Климат района исследований суровый: лето короткое и холодное, зима многоснежная, продолжительная и морозная. В течение года выпадает значительное количество осадков, превышающих испарение.

Климат формируется в условиях малого количества солнечной радиации зимой и повышенного - летом, под воздействием интенсивного западного переноса воздушных масс. Вынос теплого морского воздуха, связанный с прохождением атлантических циклонов, и частые вторжения арктического воздуха придают погоде большую неустойчивость. Наличие обширных и многочисленных болот, густая речная сеть, обусловленные избыточным увлажнением, способствуют повышенной влажности климата.

Таблица 1.1 – Среднемесячная и среднегодовая температура воздуха, °С

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Троицко-Печерск	-17.3	-15.3	-8.1	-0.1	6.4	13.2	15.9	12.4	6.7	-0.7	-8.7	-14.4	-0.8
Усть-Уса	-18.2	-17.0	-11.4	-4.1	2.2	10.1	14.5	11.3	5.7	-1.8	-9.8	-15.3	-2.8
Нарьян-Мар	-17.0	-16.7	-12.7	-6.3	0.3	8.2	13.0	10.7	5.8	-1.4	-8.8	-13.4	-3.2

Термический режим территории определяется радиационным фактором. Годовой приход суммарной радиации составляет в среднем 70–80 ккал/см².

Практически половина бассейна находится в зоне вечной мерзлоты, что накладывает отпечаток на температурный режим. В целом среднегодовая температура воздуха повсеместно отрицательная и уменьшается с юго-запада (-1.0-1.3°С) на северо-восток (-3.5 -5.0°С). Самым теплым месяцем года является июль, самым холодным – январь или февраль. Лета как такового с температурой более 15°С в северной половине бассейна практически не бывает, в южной части оно длится не более одного месяца.

Распределение температуры почвы в пределах бассейна повторяет распределение температуры воздуха. Безморозный период на поверхности почвы длится на северо-востоке всего 39 суток, на остальной территории до 60–75 суток. Однако, на глубине 0.2 м почвы на северо-востоке безморозный период совсем отсутствует, на остальной территории он составляет 140–200 суток.

По количеству осадков бассейн р. Печора относится к зоне избыточного увлажнения. На правом берегу р. Печора выпадает в Приуралье до 800–1000 мм осадков в год, на восточных подветренных склонах Тимана в западной части бассейна – не более 600–700 мм. В равнинной части Печорской низменности годовое количество осадков уменьшается до 550–600 мм. Количество осадков увеличиваются с севера на юг, одновременно с этим также увеличивается испарение с поверхности водосборов.

Средняя дата появления снежного покрова на севере бассейна приходится на 7–10 октября, на Полярном Урале – на 28–30 сентября, на остальной территории – на 5–13 октября. Снежный покров держится от 189 дней на юго-западе бассейна до 232 дней на крайнем северо-востоке (Воркута). Разрушение устойчивого снежного покрова в среднем наблюдается на севере 12–15 мая, на Полярном Урале – 24 мая–7 июня, на остальной территории – 23 апреля–8 мая.

Наибольшая влажность воздуха (82–83%) наблюдается за Полярным кругом на крайнем севере бассейна. Максимальные значения относительной влажности в году имеют место в осенний период – октябрь–ноябрь (87–89%), минимальные – в первую половину лета (июнь–июль, 63–76%).

Средние скорости ветра за год изменяются от 5.0–5.6 м/с на севере и северо-востоке до 2.3–3.9 на юге.

Испарение с водной поверхности за год изменяется в пределах 350–450 мм, увеличиваясь с северо-востока на юго-запад. Норма испарения с суши изменяется от 220 мм на северо-востоке до 350 мм на юго-западе.

Активная циклоническая деятельность над территорией района исследований вызывает выпадение атмосферных осадков. Особенно обильные

осадки выпадают в циклонах, поступающих из районов Черного и Средиземного морей.

Циклоны с Атлантики приносят осадки менее интенсивные, но более продолжительные. В соответствии с траекторией движения циклонов по рассматриваемой территории изменяется и распределение осадков. Плавный характер такого изменения нарушается влиянием рельефа (Уральские горы, Тиманский кряж), где происходит возрастание атмосферных осадков с высотой, увеличение их на наветренных склонах и уменьшение на подветренных. Некоторое уменьшение осадков наблюдается вблизи реки Печора в нижнем течении. По территории района исследований годовое количество осадков убывает с юга на север от 560 до 430 мм, однако, на Тимане годовая сумма их возрастает до 750–800 мм, а в горах Урала – до 1500 мм и более (таблица 1.2). Осадки, выпадающие в виде снега, аккумулируются в течение всей зимы, высота снежного покрова достигает 50-60 см на открытом месте и до 100 см в лесу. В горных районах Урала высота снежного покрова может достигать 3–5 м, образуя значительные снежники и подпитывая ледники [6].

Таблица 1.2 – Среднемесячные и годовая суммы осадков, мм

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Троицко-Печерск	42.4	32.4	34.1	40.1	53.9	67.1	70.8	79.0	63.9	64.3	54.5	46.0	54.1
Усть-Уса	32.8	25.5	26.2	30.1	36.1	52.5	59.9	64.9	57.9	53.0	45.6	39.0	43.6
Нарьян-Мар	28.0	22.4	24.9	28.1	34.8	45.6	50.6	66.5	55.6	47.9	40.2	34.0	39.9

1.5.1 Анализ изменения климата

С начала 20-го столетия в Европе наблюдается потепление, охватившее главным образом ее северные районы. Это дало повод климатологам говорить об изменении климата.

По данным исследований [4], наблюдения за температурой воздуха на территории Республики Коми показывают, что изменения средних годовых

температур воздуха за период с 1881 по 1990 гг. по сравнению с периодом с 1881 по 1935 гг. по территории Республики Коми не равнозначны. В северной части республики, севернее 64° с.ш., норма годовой температуры воздуха повысилась от 0.3 до 0.5°. В центральной части Республики Коми повышение температуры воздуха колебалось от 0.1 до 0.3°, а в южной части повышения температуры не наблюдалось. Повышение температуры воздуха за период с 1935 по 1990 гг. по сравнению с периодом с 1881 по 1935 гг. составляет в северных районах 0.4–0.9°, в центральной части – 0.2–0.4°, а в Удорском и южных районах – 0.1–0.2°.

В результате повышения температуры воздуха произошло заметное сокращение периода с температурами воздуха ниже -10°C. Среднее многолетнее число дней с температурами ниже -10°C за период с 1881 по 1990 гг. уменьшилось по всей республике на 5–12 дней по сравнению с периодом с 1881 по 1935 гг. Однако продолжительность вегетационного периода с температурами выше 5°C изменилась по территории незначительно. В районах севернее 64° с.ш. число дней с температурой выше 5°C увеличилось, а в южной части республики уменьшилось. Зимние температуры воздуха (с ноября по февраль) за период с 1935 по 1990 гг. по всей республике стали выше, чем за период с 1881 по 1935 гг. В северной и восточной части Республики Коми повышение температуры воздуха составляет от 0.5 до 1.4°C, а в юго-западной части – от 0.2 до 0.5°C. Что же касается летнего периода (июнь - август), то его температура повысилась от 0.5 до 0.8°C только в северных районах. В центральных районах изменения температуры воздуха не произошло, а в южных произошло понижение на 0.1- 0.3°C.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о том, что за период с 1935 по 1990 гг. на территории Республики Коми произошло изменение климата, характеризующееся повышением средней годовой температуры воздуха. Величина потепления по территории республики неоднозначна. Наибольшее потепление произошло в северных районах Республики Коми, к югу повышение температуры воздуха уменьшается, а в

крайних южных районах изменения температуры почти не произошло. Повышение годовой температуры воздуха обусловлено, главным образом, за счет потепления зимнего периода. В летнее время повышение температуры воздуха произошло только в северной части Республики Коми.

К основным факторам, которые определяют процесс формирования стока весеннего половодья, относятся величина снеготазпасов, количество жидких осадков в период половодья и потери на испарение и фильтрацию. Существенное значение в этом случае имеет такие метеорологические факторы, как температура воздуха и осадки в зимний и весенний периоды. Для анализа изменения климата в районе исследований выборочно приняты в рассмотрение данные по трем метеостанциям: Троицко-Печорск: период наблюдений за осадками 55 лет с 1966 по 2020 гг. (Приложение А, рисунок 1.2 - 1.3), период наблюдений за температурой 107 лет с 1914 по 2020 гг.; Усть-Уса: период наблюдений за осадками 55 лет с 1966 по 2020 гг. (Приложение А, рисунок 1.4 - 1.5), период наблюдений за температурой 97 лет с 1914 по 1918 гг. и с 1929 по 2020 гг.; Нарьян-Мар: период наблюдений за осадками 55 лет с 1966 по 2020 гг. (Приложение А, рисунок 1.6 - 1.7), период наблюдений за температурой 94 года с 1927 по 2020 гг..



Рисунок 1.2 Хронологический график среднегодовой температуры воздуха на Троицко-Печорск с 1914 по 2020 гг.



Рисунок 1.3 Хронологический график годовых сумм осадков в Троицко-Печорске с 1966 по 2020 гг.

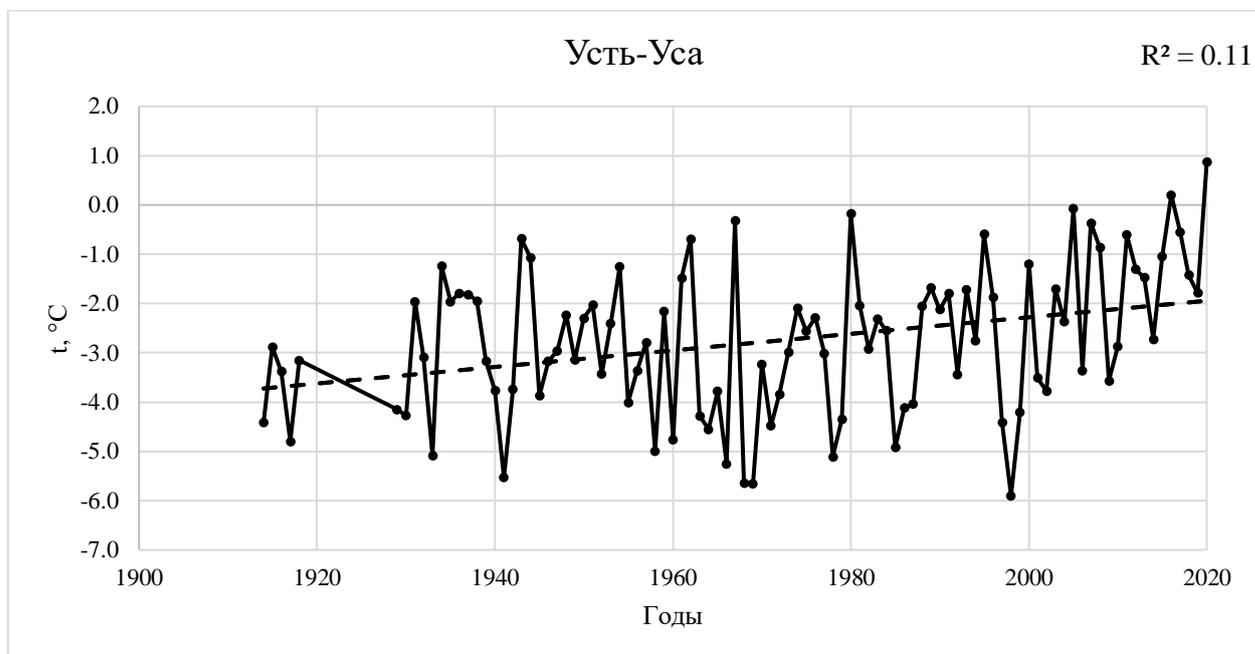


Рисунок 1.4 Хронологический график среднегодовой температуры воздуха на Усть-Уса с 1914 по 1918 гг. и с 1927 по 2020 гг.

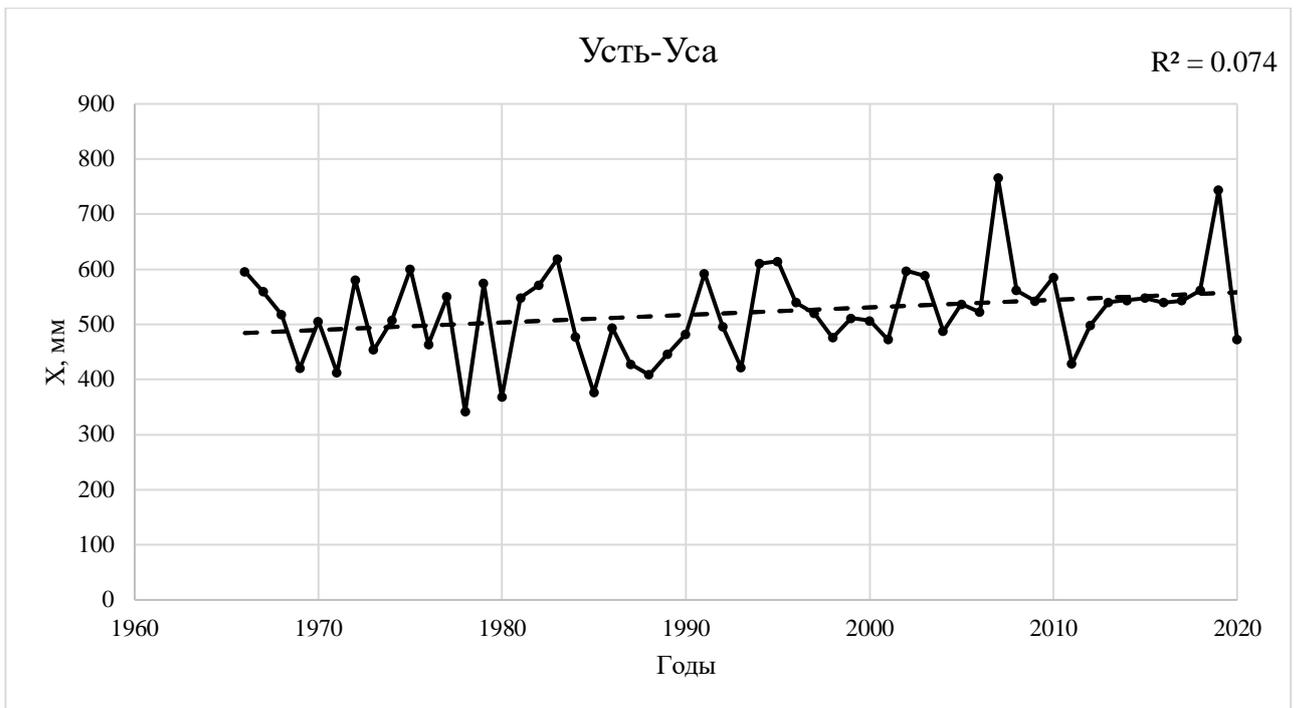


Рисунок 1.5 Хронологический график годовых сумм осадков в Усть-Уса с 1966 по 2020 гг.

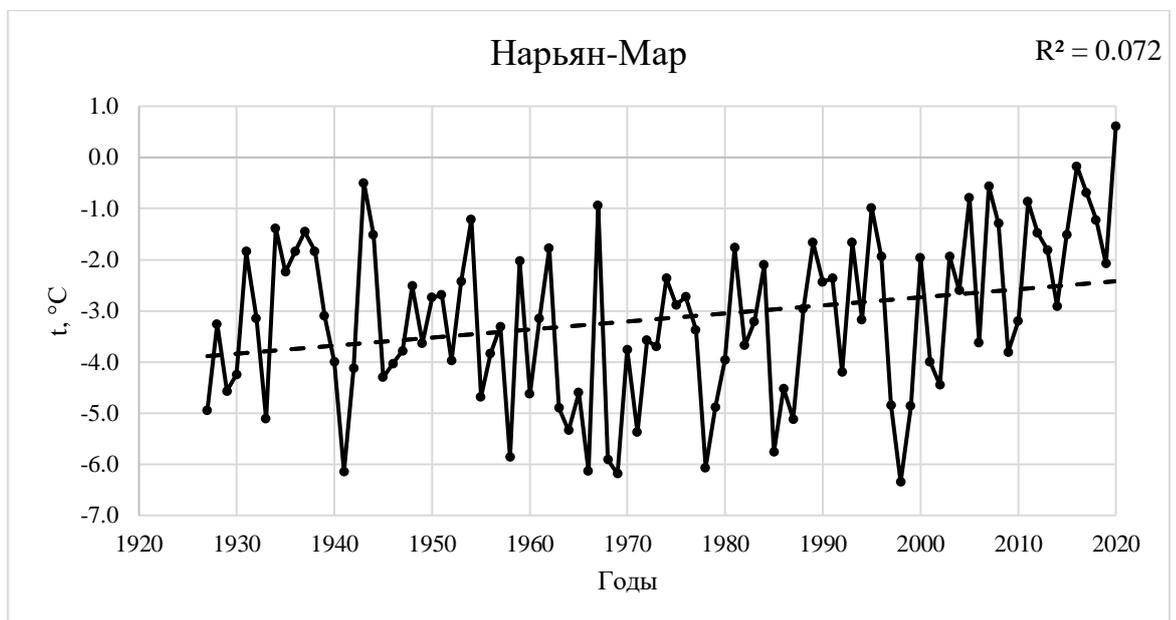


Рисунок 1.6 Хронологический график среднегодовой температуры воздуха Нарьян-Мар с 1914 по 2020 гг.

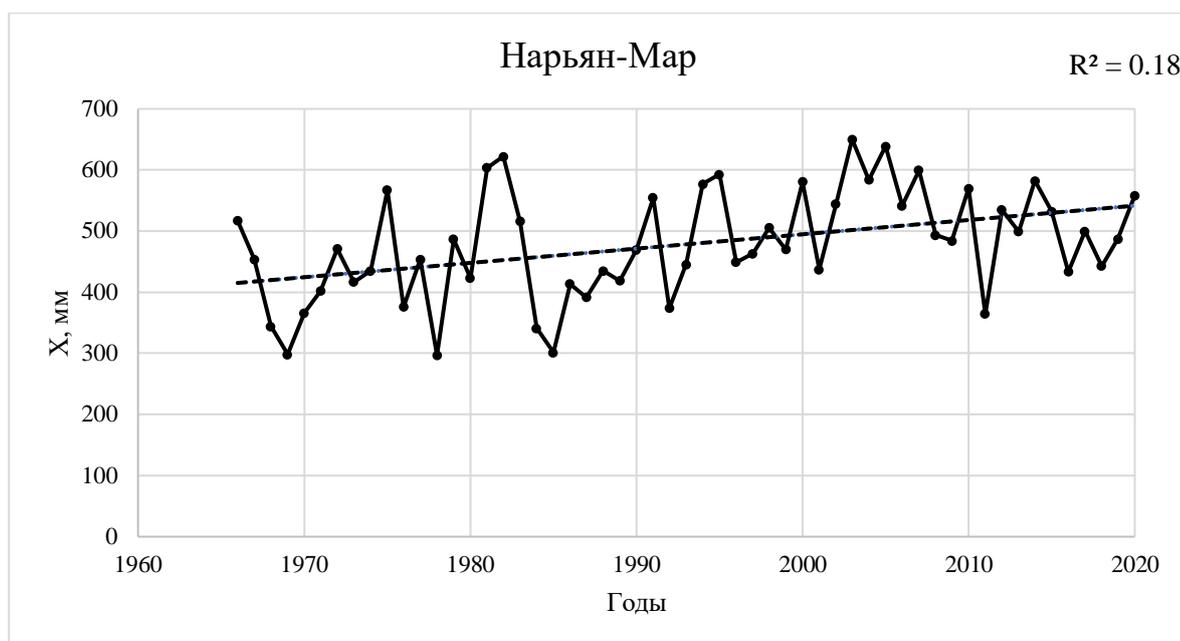


Рисунок 1.7 Хронологический график годовых сумм осадков в Нарьян-Мар с 1966 по 2020 гг.

Таблица 1.6 – Оценка значимости линейных трендов в ряде среднегодовых температур воздуха

Метеостанция	Параметры тренда				Оценка
	n	R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
Троицко-Печорск	107	0.27	0.09	0.18	Значимый
Усть-Уса	92	0.33	0.09	0.19	Значимый
Нарьян-Мар	94	0.27	0.10	0.19	Значимый

Таблица 1.7 – Оценка значимости линейных трендов в ряде годовых сумм осадков

Метеостанция	Параметры тренда				Оценка
	n	R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
Троицко-Печорск	55	0.19	0.13	0.27	Значимый
Усть-Уса	55	0.27	0.13	0.26	Значимый
Нарьян-Мар	55	0.42	0.11	0.23	Значимый

Таким образом, по таблицам 1.6 и 1.7 видно, что тренды для рядов среднегодовых температур и годовых сумм осадков значимы. Это значит, что глобальное климатическое потепление затронуло исследуемый район. Дальнейший анализ данных покажет, оказало ли это влияние на формирование максимального стока.

2. Гидрологическая характеристика района исследований

2.1 Гидрографическое описание

Река Печора берет начало из небольшого родника между горными хребтами Енгиле-Сяхль и Печор-Я-Тальях-Сяхль Северного Урала, в юго-восточной части Республики Коми. Координаты истока $62^{\circ}15'$ с. ш. и $59^{\circ}20'$ в. д., абс. отметка 676 м над уровнем моря. Впадает Печора в Печорскую губу Баренцева моря под $68^{\circ}20'$ с. ш.

Река Печора по водности является самой большой рекой Северного края; она превосходит в этом отношении Северную Двину, занимает второе место среди рек Европейской части России и уступает лишь Волге.

Длина реки 1809 км, площадь водосбора – 322 тыс. км². Большая часть бассейна реки расположена в пределах Республики Коми (1596 км, 265 тыс.км²), устьевая часть – в пределах Ненецкого автономного округа (НАО) (213 км, 57 тыс.км²).

Речная сеть р. Печоры включает в себя около 34500 рек и ручьев (общей протяженностью 156 тыс.км), из них длиной более 10 км – около 31900 (80.9 тыс.км). Крупных рек с площадями водосборов более 5000 км² насчитывается 20.

Средняя густота речной сети составляет в целом по бассейну 0.48 км/км², изменяясь в разных частях бассейна от 0.3 до 1.0 км/км².

Направление течения Печоры неоднократно меняется. Вначале она бежит по ущелью Поясового Камня на юг, затем – на запад, потом отклоняется к юго-западу. После впадения р. Волосницы у пос. Якша Печора поворачивает на север и течет по Печорской низменности до с.Усть-Усы. После устья р.Усы река поворачивает на запад, образуя два крупных колена - на 698 и 432 км от устья. Здесь ширина русла достигает 2-х км, в долине появляются обширные пойменные луга. В районе с. Усть-Цильма Печора вновь устремляется к северу и течет в этом направлении до впадения в Печорскую губу Баренцева моря. На

этом участке широкая пойма изрезана многочисленными протоками («шарами») и старицами.

При впадении в Печорский залив река образует дельту, расчлененную многочисленными островами и протоками; ширина ее близ устья около 45 км. В месте выхода реки в море находится песчаный мелководный бар.

Печора судоходна на протяжении 1555 км от устья вверх по течению до пст. Якша.

По схожести гидрографических характеристик водосбора река Печора в соответствии с делением, приведенным в Справочнике по водным ресурсам СССР [6], может быть поделена на три части:

- Верхняя Печора - от истока до впадения р. Волосницы; протяженность участка реки 234 км (12.8% всей длины реки);

- Средняя Печора - от впадения р. Волосницы до с.Усть-Уса; 825 км (45.5%);

- Нижняя Печора - от с.Усть-Уса до границы Республики Коми, 537 км (29.5%).

Другое принятое деление бассейна р.Печора основано на увеличении вдвое водности и площади водосбора реки Печоры после впадения в нее р.Уса. По этому делению от истока до впадения р.Уса река носит название Малой Печоры. Ниже устья р.Уса площадь водосбора увеличивается вдвое, река становится полноводной и именуется уже Большой Печорой.

Сопоставление приведенных делений бассейна показывает, что Верхняя и Средняя Печора образуют Малую Печору (от истока до впадения р.Уса), а Нижняя Печора тождественна Большой Печоре (от впадения р.Уса до устья). Участок реки Печоры за пределами Республики Коми, расположенный в НАО, также относится к Нижней Печоре (213 км, 12.5% длины реки).

Верхняя Печора (от истока до впадения р. Волосницы, 234 км).

Верхняя Печора пересекает три геоморфологические области: 1) горную область, где река прорезает ряд хребтов, вытянутых в меридиональном направлении; 2) полосу увалов в предгорье западного склона Урала и 3)

Печорскую низменность, которая является частью древнеаллювиальной равнины, образованной в широкой древней долине некогда существовавшего стока Печоры в Каму.

Средняя абсолютная высота над уровнем Баренцева моря горных массивов в верховьях Печоры достигает 800 м, а у отдельных вершин превышает 1000 м. Вершины увалистой полосы достигают 300-700 м. Наибольшие высотные отметки Печорской равнины не превышают 175 м, на Печоро-Волжском водоразделе - 200 м.

Коренными породами бассейна, обнажающимися в долине Верхней Печоры, являются глинистые сланцы и известняки. В полосе увалов часты выходы морены. В области Печорской равнины коренные породы прикрыты ледниковыми и послеледниковыми наносами. Водораздельные пространства в понижениях часто заболочены. Поверхность бассейна в основном покрыта лесами, которые широко развиты и в долинах рек, спускаясь до пойменной террасы, где преобладают елово-пихтовые и березовые леса и ивовые кустарники. Часть площади поймы Верхней Печоры занята лугами.

Особенностью гидрографической сети бассейна Верхней Печоры является зависимость характера речных долин от ориентировки их относительно линии простираения горных пород. Участки рек, текущих в меридиональном направлении в понижениях между хребтами, имеют большую ширину, сравнительно спокойное течение, заболоченную пойму и меандры. Широтные участки, прорезающие горные массивы вкрест простираения пород, отличаются малой шириной, быстрым течением и наличием порогов. Наиболее часто меняется характер рек в полосе увалов.

Большинство рек района имеет глубоко врезанные долины с террасированными склонами. Прослеживается до пяти речных террас, различающихся между собой по высоте и строению.

Все протяжение Верхней Печоры может быть разбито на три характерных участка.

Горная часть длиной 33 км от истока до впадения р. Большой Порожной. В начале участка Печора течет меридионально в кристаллических сланцах по простиранию горных пород. К концу участка долина расширяется, затем вновь суживается. Течение здесь очень быстрое.

Увалистая полоса длиной 141 км, от Большой Порожной до Андюга-Пармы. В верхней части участка до Большой Пармы ширина Печоры достигает 150 м, дно галечное, русло очень мелкое, профиль дна не выработан, на большом протяжении тянется сплошной порог. Обходя выступы твердых пород, Печора разбивается на рукава. Берега чаще высокие, скалистые, сложенные известняками, местами развита пойма высотой 1,5-2 м. Глубины в межень 1 -1.5 м, но встречаются ямы до 10 м глубиной, продольный уклон реки 0,00243.

Ниже Большой Пармы профиль дна Печоры более выработан. Здесь довольно часто встречаются тихие плесы. Русло расширяется, число порогов и скалистых выступов в русле уменьшается. Приняв с левой стороны приток р. Унью, Печора узкой долиной прорезает самую западную гряду Урала - Андюга-Парму.

Средняя Печора (от впадения р. Волосницы до с.Усть-Уса, 825 км)

Средняя Печора течет почти в меридиональном направлении вдоль западного склона Урала. Бассейн делится на две резко отличные друг от друга части: левобережную равнинную и правобережную, переходящую от равнинных условий к горным.

Область водосбора левых притоков, расположенная целиком в Печорской равнине, имеет плоский, выравненный или слабо всхолмленный рельеф; высоты над уровнем моря 80-90 м, при приближении к отрогам Тимана - 100 м, в районе Воя - Сопляского плато - до 200 м. Коренные породы обнажаются здесь изредка лишь в долинах рек (выходы глинистых сланцев, известняков, песчаников).

Почвы и растительность весьма неоднородны. В южной части, в бассейне р. Северной Мылвы, почвы преимущественно суглинистые. Леса еловые с

примесью лиственных пород, главным образом березы. Далее к северу, в бассейнах Велью и Лемью, господствуют сосновые боры беломошники, чередующиеся с открытыми пространствами сфагновых болот. Почвы главным образом песчаные. То же характерно для большей части бассейна Большой Кожвы. К северу (бассейн Лыжи) почвенный покров разнообразен. Здесь преобладают еловые леса и редколесье.

Область водосбора правых притоков, берущих начало на Урале, по направлению от долины Печоры к Уралу характеризуется последовательной сменой трех зон, уже описанных для Верхней Печоры, а именно: 1) полосы Печорской равнины со слабо всхолмленным мало расчлененным рельефом, с абс. высотой 80-250 м; 2) области лесистых предгорий - "парм", вытянутых в меридиональном направлении с абс. высотами 250-400 м и отдельными вершинами до 700 м; 3) горной области Северного и Приполярного Урала с высотами от 700 и до 1694 м (вершина Тельпос-Из).

Древняя долина Средней Печоры хорошо выражена; в районе древней Ушинской озерной впадины ширина долины 10-12 км. Русло на большом протяжении Средней Печоры устойчиво и глубоко врезано. Пойма слабо выражена и только близ устьев притоков в нижнем течении наблюдается хорошо развитая пойма. Меженная ширина зеркала Средней Печоры колеблется по большей части от 200 до 1700 м. Меженные глубины на плесах 1.5-7.5 м, на перекатах 0.35-0.70 м. Перекаты здесь мелковалунные или галечные, ниже с. Кожва - песчаные. На отдельных участках встречаются пороги, образованные коренными породами. Скорость течения в среднем определяется в 0,6 м/сек.

Вдоль берегов Средней Печоры часто встречается водная растительность – осоки, камыши, ежеголовка, рдесты. Это служит признаком относительной устойчивости береговой линии.

Водосбор Нижней Печоры занимает обширные северные районы Печорской равнины, захватывает западные склоны Приполярного и Полярного Урала, а также северо-восточную часть Тимана. Рельеф бассейна, за

исключением его окраин, слабо всхолмленный, местами - равнинный. Абсолютная высота равнины 100-150 м, на отдельных ее повышениях (Воя-Сопляское плато, гряда Чернышева) высоты достигают до 200 м, в области Тимана – до 250-300 м. Наивысшая точка на Тимане 471 м.

На поверхности бассейна залегает толща четвертичных отложений. В верховье р. Ижмы мощность четвертичных отложений не превышает 30-40 м, в центральных частях Печорской равнины она достигает 100-120 м, а на севере - свыше 150 м. Значительная часть бассейна Печоры (северная и северо-восточная) лежит в области вечной мерзлоты.

Поверхность бассейна покрыта хвойными лесами, которые чередуются с крупными, преимущественно сфагновыми болотами. К северу леса сменяются редколесьем и переходят в лесотундру, сменяющуюся на крайнем северо-востоке Республики Коми зоной тундры.

На большей части своего протяжения Нижняя Печора характеризуется неустойчивым руслом, имеется много островов, число которых увеличивается вниз по течению.

Характерной особенностью Нижней Печоры является широко развитая система пойменных протоков (местное название "шары"). Русловые протоки, образующиеся между островами, значительны по ширине (до 500 м) и сравнительно невелики по протяжению (до 5-10 км). Пойменные протоки, напротив, тянутся иногда на десятки километров, но ширина их не превышает 50-100 м.

2.2 Гидрологическая изученность

Изучение гидрологического режима рек бассейна р.Печоры было начато в конце XIX века с открытия в 1895 г. двух водомерных постов на р.Печоре: у с.Усть-Уса и с.Усть-Кожва. Наблюдения велись за уровнем воды, температурой и ледовым режимом р.Печоры для обеспечения навигации.

С 1913 по 1916 гг. были открыты еще 11 постов на р.Печоре и 11 постов на ее притоках Волоснице, Илыче, Щугоре, Усе, Ижме. В 1930-1933гг. были открыты 23 поста. Следующий этап изучения относится к 1946-1955гг., в эти годы открывались в основном ведомственные посты (Гипроречтранс, Воркутауголь, Интауголь, служба пути Печорской ж.д., ЦНИЛ Ухтакомбината, Гидроэнергопроект и др.). Эти посты действовали короткое время (менее 5 лет), материалы по ним не очень высокого качества. Наибольшее количество действующих одновременно гидрологических постов наблюдалось в 1958-1961гг. В настоящее время на р. Печора и ее притоках действуют 28 гидрологических постов. [7]

Анализ имеющихся гидрографических и гидрологических материалов показал, что в гидрографическом отношении рассматриваемая территория изучена недостаточно: сведения о количестве водотоков и водоемов, их протяженности или площадях водосбора и другие характеристики по большинству водных объектов отсутствуют или устарели. Озера бассейна совершенно не изучены, поскольку значительных озер, регулирующих сток, в бассейне нет. Гидрологическая изученность бассейна р. Печора опубликована в 1965 г. в справочном издании «Ресурсы поверхностных вод СССР». [8] и с тех пор не обновлялась.

Продолжительность наблюдений за стоком на большинстве постов составляет до 25 лет, большинство наблюдений за стоком воды носят прерывистый характер.

Однако в целом период наблюдений более 25 лет для условий северного региона гарантирует достоверность расчетных параметров стока и уровней. На реке Печоре имеются 3 поста с периодом наблюдений более 60 лет (по 2 постам – более 80 лет), которые могут быть приняты в качестве опорных для приведения данных наблюдения по постам с короткими рядами к многолетию.

2.3 Водный режим

Водный режим бассейна р. Печора характеризуется в целом преобладанием снегового питания со значительной долей дождевого и грунтового питания. Характерными фазами для рек восточно-европейского типа питания являются высокое весеннее половодья, низкая летняя и зимняя межень и наличие повышенной водности в осенний период. Благодаря влиянию рассмотренных физико-географических и климатических факторов на условия формирования поверхностного стока (рельефа, геологии, осадков, испарения и др.) все реки бассейна по форме гидрографов и условиям весеннего снеготаяния можно подразделить на следующие виды:

Карстовые реки;

Горные реки Урала;

Тундровые реки;

Река Печора как результирующая всех вышеперечисленных типов.

Для рек левобережья р. Печора, стекающих с подветренных склонов Тимана, в целом характерна одновершинная, иногда двухвершинная форма основной волны половодья, мягкие очертания хода уровней, без резко выраженных пиков. Весеннее половодье здесь начинается в наиболее ранние сроки, фронт снеготаяния движется с юга на север, поэтому начало половодья на юге и на севере отличается на 10-15 суток.

С увеличением площади водосбора отмечается увеличение продолжительности половодья, амплитуды колебания уровня, и небольшая сдвигка в датах прохождения пика половодья (до 5 суток). На основную волну половодья накладываются небольшие дополнительные волны, вызванные возвратом холодов или наложением дождевых паводков.

Реки правобережья р. Печора, стекающие с наветренных склонов Уральского хребта, отличаются более резким ходом гидрографа, более поздними сроками начала, пика и спада половодья (в среднем на 10 суток), несколько меньшей интенсивностью подъема половодья (12-34 см/сутки), однако, амплитуда колебания уровней у них больше, чем на левобережных притоках, благодаря большому количеству осадков на наветренных склонах по

сравнению с со склонами Тимана и наличием вечной мерзлоты. Зависимости характеристик половодья от площади водосбора аналогичны зависимостям левобережных рек.

На карстовых реках, встречающихся на левобережье р.Печора (р.Ухта, Пижма и др.) гидрограф половодья характеризуется еще распластанностью за счет подземного регулирования стока. Интенсивность подъема на них уменьшается, сроки половодья сдвинуты на более поздние даты, амплитуды колебания уровней уменьшаются, продолжительность половодья увеличивается.

К горным рекам Урала отнесены: Печора до с.Ясть-Унья, Унья, Кожим. Они имеют несколько большую интенсивность подъема половодья по сравнению с другими правобережными притоками Печоры с аналогичными площадями водосборов. Благодаря неравномерному таянию ледников, гидрограф в течение года на этих реках имеет еще более зубчатый характер, чем на других правобережных притоках.

Тундровые реки отличаются наиболее поздними сроками прохождения половодья, большой интенсивностью подъема и значительными амплитудами колебания уровней благодаря большому промерзанию грунтов ко времени прохождения половодья, что способствует поверхностному стоку с водосборов.

Сама р. Печора, несмотря на более чем 75-кратное увеличение площади водосбора от истока у с. Горевки до устья, в целом имеет сравнительно стройную волну весеннего половодья, особенно ниже впадения основных притоков Усы и Ижмы. В верховьях ход уровней в период половодья близок к ходу уровней горных рек бассейна: форма половодья многовершинная, близкая к симметричной (с. Якша). Продолжительность половодья до впадения р.Щугор составляет 63 суток, интенсивность подъема половодья - 14-27 см/сутки, годовая амплитуда колебания - 370-670 см, многолетняя - до 996 см. В районе впадения р.Щугор продолжительность половодья увеличивается до 76 суток, амплитуда колебания увеличивается и в многолетнем разрезе достигает максимума 1614 см. Ниже р.Усы вплоть до дельты амплитуды колебания

уровней Печоры меняются незначительно: средняя годовая 860-977 см, многолетняя – 1193-1329 см, продолжительность половодья увеличивается до 85 суток. Характерным для ствола р.Печоры является почти одновременное начало половодья от истока до устья (25-28 апреля), несмотря на большую протяженность реки в меридиональном направлении. Постепенное запаздывание сроков прохождения пика половодья и особенно окончания его приводят к изменению в целом формы половодья от многовершинной симметричной в истоке до асимметричной одновершинной или двухвершинной в устье, особенно в многоводные годы. Вторая вершина обусловлена волной Усинского половодья. [9]

3. Анализ рядов максимальных расходов и слоев половодья

3.1 Исходные данные

В настоящей работе исследовались ряды максимальных расходов по 17 гидрологическим постам и слою весеннего половодья по 8 постам рек бассейна р. Печора. Информация, показывающая продолжительность рядов наблюдений. Представлена в таблице 3.1. Использовались посты с диапазоном площадей от 952 до 67500 км², данные по ним представлены в таблице 3.2. Исходные данные представлены в Приложении Б.

В процессе выполнения расчетов было принято решение оставить 8 постов с рядами слоев стока, так как они оказались наиболее продолжительными и репрезентативными. Был произведен расчет слоев стока для постов с 1981 по 2019 гг.

Таблица 3.1 – Распределение постов по продолжительности рядов наблюдений

Продолжительность рядов, лет	$20 < n \leq 30$	$30 < n \leq 40$	$40 < n \leq 50$	$n > 50$	всего
Количество лет, ряды максимальных расходов	1	15	–	1	17
Количество лет, ряды слоев весеннего половодья	–	–	–	8	8

Таблица 3.2 – Распределение постов по градациям площадей водосборов

Диапазон площадей водосборов, км ²	$200 < A \leq 1000$	$1000 < A \leq 5000$	$5000 < A \leq 10000$	$10000 < A \leq 50000$	$A > 50000$
Количество	1	6	5	5	1

Основные гидрографические характеристики исследуемых рек в створах гидрологических постов приводятся в Приложении В.

Схема расположения постов представлена на рисунке 3.1.

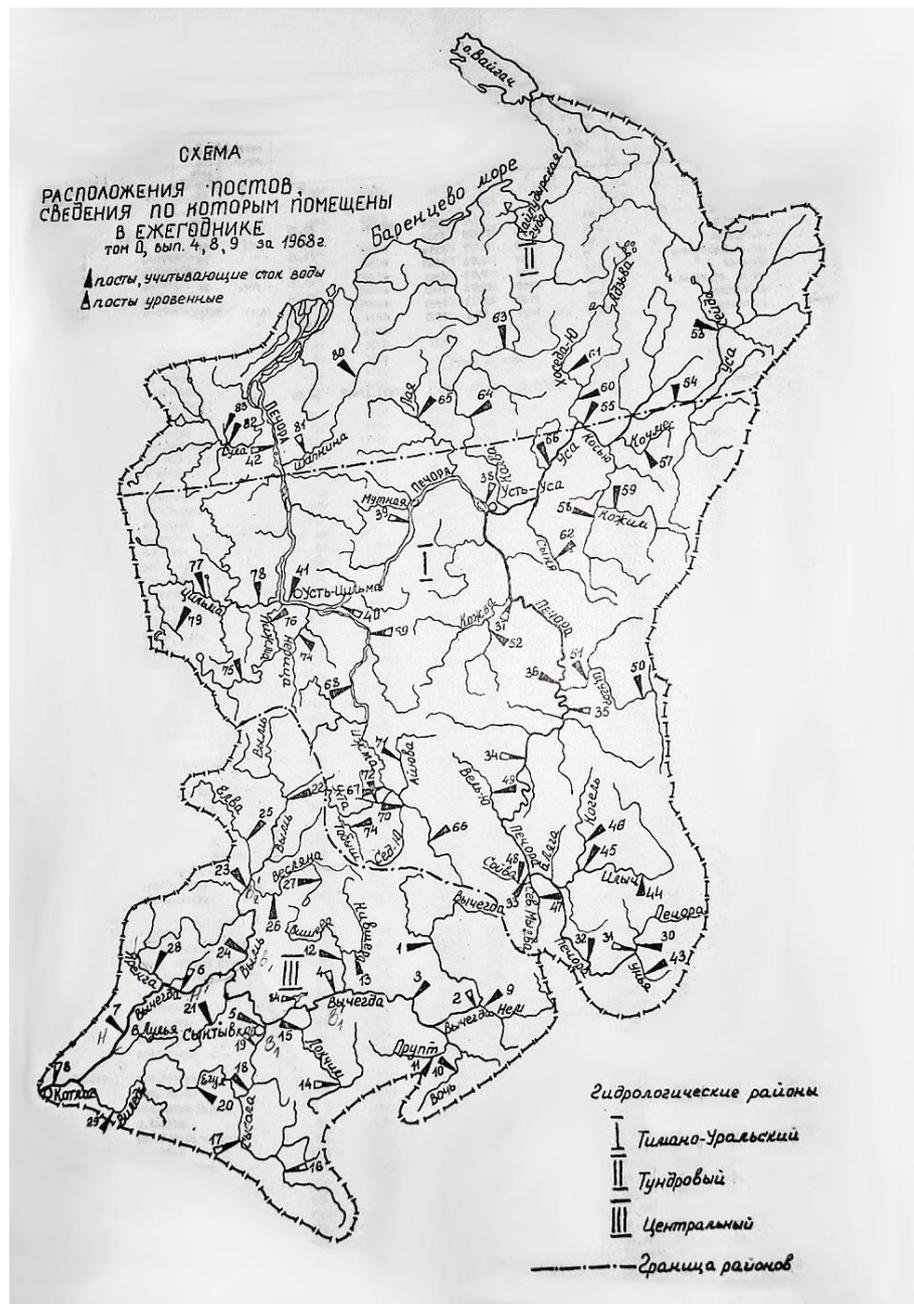


Рисунок 3.1 – Схема гидрографической сети бассейна реки Печора

3.2 Оценка значимости линейных трендов

Первый этап работы заключался в построении хронологических графиков и оценке значимости линейных трендов (Приложение Г)

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:

$$|R| < t_{2\alpha}\sigma_R \quad (3.1)$$

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

σ_R – стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

$$\sigma_R = \frac{1-R^2}{\sqrt{n-1}} \quad (3.2)$$

Результаты проверки представлены в таблице 3.1 для максимальных расходов весеннего половодья и для слоев стока весеннего половодья – таблица 3.2.

Таблица 3.3 – Оценка значимости линейных трендов в рядах максимальных расходов весеннего половодья рек бассейна р. Печора

Вид стока	общее число случаев	Число случаев со значимостью трендов	
		абсолютное	относительное, %
Максимальные расходы весеннего половодья	17	0	0
Слой стока за половодье	8	1	12

Таблица 3.4 – Оценка значимости линейных трендов в рядах максимальных расходов весеннего половодья рек бассейна р. Печора

№ п/п	Код поста	Река - створ	Площадь водосбора, км ²	Длина ряда, n	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
					R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
1	70408	р.Печора – с.Усть-Унья	4430	39	0.24	0.152	0.305	–
2	70410	р.Печора – д.Якша	9620	63	0.10	0.126	0.251	–
3	70414	р.Печора – с.Троицко-Печорск	35600	39	0.10	0.161	0.321	–
4	70421	р.Печора – с.Усть-Щугор	67500	29	0.22	0.180	0.359	–

№ п/п	Код поста	Река - створ	Площадь водосбора, км ²	Длина ряда, n	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
					R	σ_R	$t2\alpha\sigma R$	
5	70442	р.Ильч – кордон Шежимдикост	6870	34	0.03	0.174	0.348	–
6	70559	р.Сойва – д.Нижняя Омра	1240	39	0.14	0.159	0.318	–
7	70466	р.Уса – с.Петрунь	27500	39	0.22	0.154	0.308	–
8	70494	р.Адзьва – д.Харуга	2280	37	0.14	0.163	0.327	–
9	70499	р.Колва – с.Хорей-Вер	5470	38	0.17	0.159	0.319	–
10	70617	р.Ижма – свх Извайльский	952	39	0.24	0.152	0.305	–
11	70509	р.Ижма – с.Усть-Ухта	15000	39	0.01	0.162	0.324	–
12	70512	р.Ижма – д.Картайоль	22700	37	0.10	0.165	0.330	–
13	70517	р.Седь-Ю – пос.Седью	2410	39	0.02	0.162	0.324	–
14	70522	р.Ухта – г.Ухта	4290	39	0.14	0.159	0.318	–
15	70531	р.Пижма – д.Боровая	4890	39	0.20	0.156	0.311	–
16	70533	р.Цильма - с.Трусово	20900	39	0.00	0.162	0.324	–
17	70540	р.Сула – д.Коткина	8500	38	0.22	0.156	0.312	–

Примечание: «+» – гипотеза опровергается, «-» – гипотеза не опровергается.

Таблица 3.5 – Оценка значимости линейных трендов в рядах слоев стока весеннего половодья рек бассейна р. Печора

№ п/п	Код поста	Река - створ	Площадь водосбора, км ²	Длина ряда, n	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
					R	σ_R	$t2\alpha\sigma R$	
1	70410	р.Печора – д.Якша	9620	106	0.14	0.096	0.190	–
2	70466	р.Уса – с.Петрунь	27500	94	0.19	0.100	0.199	–
3	70509	р.Ижма – с.Усть-Ухта	15000	87	0.02	0.108	0.214	–
4	70512	р.Ижма – д.Картайоль	22700	81	0.22	0.106	0.212	+
5	70522	р.Ухта – г.Ухта	4290	86	0.02	0.108	0.216	–
6	70531	р.Пижма – д.Боровая	4890	82	0.06	0.111	0.220	–

№ п/п	Код поста	Река - створ	Площадь водосбора, км ²	Длина ряда, n	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
					R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
7	70533	р.Цильма – с.Трусово	20900	83	0.14	0.108	0.215	–
8	70540	р.Сула – д.Коткина	8500	90	0.10	0.105	0.209	–

Примечание: «+» – гипотеза опровергается, «–» – гипотеза не опровергается.

Как видно из таблицы, случаев со значимостью тренда для рядов максимальных расходов воды и слоев стока половодья не наблюдается. Следовательно, можно считать, что ряды исследуемых характеристик рек бассейна р. Печора являются стационарными.

3.3 Проверка рядов на однородность

Проверка рядов на однородность проводится с использованием критериев Фишера и Стьюдента. Проверка проводится при уровне значимости $2\alpha=5\%$. Гипотеза об однородности рядов не опровергается, если выполняются следующие условия:

$$F^* < F_{2\alpha} \quad (3.3)$$

$$t^* < t_{2\alpha} \quad (3.4)$$

где: F^* эмпирические значения статистик, соответственно Фишера и Стьюдента;

$F_{2\alpha}, t_{2\alpha}$ теоретические значения статистик, соответственно Фишера и Стьюдента, при уровне значимости $2\alpha = 5\%$.

Эмпирические значения статистик Фишера и Стьюдента определяются по формулам

$$F^* = \frac{D_1}{D_2} \quad (3.5)$$

$$t^* = \left[(\bar{Q}_1 - \bar{Q}_2) / \sqrt{\frac{(n_1-1)\sigma_1^2 + (n_2-1)\sigma_2^2}{n_1+n_2-2}} \right] \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1+n_2}} \quad (3.6)$$

где D_1 и D_2 – дисперсии по одной и другой частям ряда;
 σ_1 и σ_2 – среднеквадратические отклонения по первой и второй частям ряда;
 \bar{Q}_1 и \bar{Q}_2 – средние значения по первой и второй частям ряда;
 n_1 и n_2 – длина первой и второй частей ряда.

Оценка рядов на однородность для максимальных расходов весеннего половодья представлена в таблице 3.7, для слоя весеннего половодья – в таблице 3.8. Краткий итог – в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Число случаев опровержения гипотезы об однородности

Вид стока	общее число случаев	по критерию Стьюдента		по критерию Фишера	
		абсолютное	относительное, %	абсолютное	относительное, %
Максимальные расходы весеннего половодья	17	0	0	2	12
Слой стока за половодье	8	1	12	1	12

Таблица 3.7 – Результаты проверки на однородность рядов максимальных расходов весеннего половодья рек бассейна р. Печора

№ п/п	Река – створ	F, км ²	n	t*	t _{2α}	H ₀ :Q ₁ =Q ₂	F*	F _{2α}	H ₀ :D ₁ =D ₂
1	р.Печора – с.Усть-Унья	4430	39	- 1.11	2.03	-	2.50	2.55	-
2	р.Печора – д.Якша	9620	63	0.28	2.00	-	1.19	2.07	-
3	р.Печора – с.Троицко-Печорск	35600	39	- 0.31	2.03	-	1.67	2.55	-
4	р.Печора – с.Усть-Щугор	67500	28	- 1.07	2.06	-	2.71	3.12	-
5	р.Илыч – кордон Шежимдикост	6870	34	-0.65	2.04	+	1.44	2.76	-
6	р.Сойва – д.Нижняя Омра	1240	39	-0.16	2.03	-	1.14	2.58	-
7	р.Уса – с.Петрунь	27500	38	1.02	2.03	-	1.26	2.60	-

№ п/п	Река – створ	F, км ²	n	t*	t _{2α}	H ₀ :Q ₁ =Q ₂	F*	F _{2α}	H ₀ :D ₁ =D ₂
8	р.Адзъва – д.Харуга	2280	37	0.91	2.03	–	1.07	2.62	–
9	р.Колва – с.Хорей-Вер	5470	38	1.11	2.03	–	2.90	2.60	+
10	р.Ижма – свх Извайльский	952	39	0.89	2.03	–	8.40	2.58	+
11	р.Ижма – с.Усть-Ухта	15000	39	0.10	2.03	–	1.05	2.58	–
12	р.Ижма – д.Картайоль	22700	37	-0.07	2.03	–	1.68	2.65	–
13	р.Седь-Ю – пос.Седью	2410	39	0.42	2.03	–	1.82	2.58	–
14	р.Ухта – г.Ухта	4290	39	-0.33	2.03	–	1.16	2.58	–
15	р.Пижма – д.Боровая	4890	39	-0.71	2.03	–	1.02	2.58	–
16	р.Цильма - с.Трусово	20900	39	-0.18	2.03	–	1.25	2.55	–
17	р.Сула – д.Коткина	8500	38	1.31	2.03	–	1.21	2.60	–

Примечание: «+» – гипотеза опровергается, «-» – гипотеза не опровергается.

Таблица 3.8 – Результаты проверки на однородность рядов слоев весеннего половодья рек бассейна р. Печора

№ п/п	Река - створ	F, км ²	n	t*	t _{2α}	H ₀ :Q ₁ =Q ₂	F*	F _{2α}	H ₀ :D ₁ =D ₂
1	р.Печора – д.Якша	9620	106	1.66	1.98	–	1.26	1.73	–
2	р.Уса – с.Петрунь	27500	94	-2.79	1.99	–	1.06	1.80	–
3	р.Ижма – с.Усть-Ухта	15000	87	-1.26	1.99	–	1.65	1.84	–
4	р.Ижма – д.Картайоль	22700	81	-2.46	1.99	–	1.04	1.88	–
5	р.Ухта – г.Ухта	4290	86	-1.70	1.99	–	1.62	1.85	–
6	р.Пижма – д.Боровая	4890	82	-1.57	1.99	–	2.85	1.88	+

7	р.Цильма – с.Трусово	20900	83	2.00	1.99	+	1.76	1.87	–
8	р.Сула – д.Коткина	8500	90	-0.96	1.99	–	1.91	1.92	–
<i>Примечание: «+» – гипотеза опровергается, «–» – гипотеза не опровергается.</i>									

Как видно из таблицы, число случаев, опровергающих гипотезу об однородности рядов максимальных расходов половодья, составляет 12%, для рядов слоя половодья – тоже в 12% случаев. Следовательно, можно считать, что ряды максимальных расходов и слоев весеннего половодья для рек бассейна р.Печора являются однородными.

4. Расчет максимальных расходов и слоев весеннего половодья в пунктах наблюдений гидрологической сети

4.1 Оценка основных статистических характеристик и их погрешностей

Для расчета основных статистических характеристик рядов максимальных расходов и рядов слоя весеннего половодья рек бассейна р. Печора использовался метод моментов, для построения эмпирических и аналитических кривых обеспеченностей максимальных расходов весеннего половодья и слоя весеннего половодья различной вероятности ежегодного превышения приняты кривые Пирсона III или Крицкого–Менкеля.

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 вычислен:

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

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 вычислен по формуле:

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

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 определены по формулам:

для среднего значения:

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

для коэффициента вариации:

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

Результаты расчета представлены в таблице 4.1 для максимальных расходов и в таблице 4.2 для слоев стока.

Таблица 4.1 – Основные статистические характеристики рядов максимальных расходов весеннего половодья бассейна р. Печора

№ п/п	Река - створ	F, км ²	Q _{ср} , м ³ /с	C _v	C _s	C _s /C _v	Относительная погрешность, %	
							Q _{ср}	C _v
1	р.Печора – с.Усть-Унья	4430	926	0.27	0.85	3.2	4.3	11.6
2	р.Печора – д.Якша	9620	1527	0.23	0.23	0.9	2.9	9.1
3	р.Печора – с.Троицко-Печорск	35600	4781	0.20	0.08	0.4	3.1	11.5
4	р.Печора – с.Усть-Щугор	67500	9933	0.33	1.37	4.2	6.2	13.8
5	р.Илыч – кордон Шежимдикост	6870	1560	0.29	1.23	4.2	5.0	12.5
6	р.Сойва – д.Нижняя Омра	1240	201	0.26	0.17	0.7	4.2	11.6
7	р.Уса – с.Петрунь	27500	7505	0.25	0.05	0.2	4.1	11.8
8	р.Адзьва – д.Харуга	2280	2173	0.37	0.71	1.9	6.0	12.2
9	р.Колва – с.Хорей-Вер	5470	1312	0.37	1.05	2.9	5.9	12.0

10	р.Ижма – свх Извайльский	952	198	0.47	3.92	8.4	7.4	12.2
11	р.Ижма – с.Усть-Ухта	15000	2073	0.29	0.81	2.8	4.7	11.7
12	р.Ижма – д.Картайоль	22700	2840	0.31	0.85	2.8	5.1	12.0
13	р.Седь-Ю – пос.Седью	2410	344	0.26	1.36	5.1	4.2	11.6
14	р.Ухта – г.Ухта	4290	481	0.32	0.67	2.1	5.2	11.8
15	р.Пижда – д.Боровая	4890	533	0.33	0.19	0.6	5.3	11.8
16	р.Цильма – с.Трусово	20900	2925	0.32	-0.13	-0.4	5.1	11.8
17	р.Сула – д.Коткина	8500	1174	0.15	-1.02	-6.6	2.5	11.6

Таблица 4.2 – Основные статистические характеристики рядов слоев
весеннего половодья бассейна р. Печора

№ п/п	Река – створ	F, км ²	Q _{ср} , м ³ /с	C _v	C _s	C _s /C _v	Относительная погрешность, %	
							Q _{ср}	C _v
1	р.Печора – д.Якша	9620	288	0.18	-0.18	-1.0	1.74	6.97
2	р.Уса – с.Петрунь	27500	412	0.19	0.10	0.5	1.96	7.41
3	р.Ижма – с.Усть-Ухта	15000	176	0.21	0.10	0.5	2.22	7.73
4	р.Ижма – д.Картайоль	22700	165	0.22	0.56	2.5	2.46	8.03
5	р.Ухта – г.Ухта	4290	161	0.22	0.06	0.3	2.41	7.79
6	р.Пижда – д.Боровая	4890	142	0.24	0.23	0.9	2.65	8.01
7	р.Цильма – с.Трусово	20900	207	0.23	0.33	1.5	2.50	7.94
8	р.Сула – д.Коткина	8500	222	0.18	0.13	0.7	1.90	7.56

По данным, представленных таблицах, можно увидеть, что

относительные погрешности максимальных расходов весеннего половодья для среднего значения колеблются от 2.5% до 6.2%. Относительные погрешности коэффициента вариации изменяются в интервале от 9.1% до 13.8%.

Относительные погрешности в рядах слоя весеннего половодья для среднего значения изменяются от 1.7% до 2.6%, для коэффициента вариации – от 6.9% до 8.0%.

Расчет можно считать надежным, ибо во всех случаях относительные погрешности не превышают допустимых значений.

Учитывая большую погрешность коэффициента асимметрии, по каждому посту принято эмпирическое значение C_s/C_v с округлением до 0.5 в большую сторону.

4.2 Расчет максимальных расходов и слоев весеннего половодья различной обеспеченности

Для построения эмпирической и аналитической кривых были использованы ранее полученные статистические параметры, рассчитаны максимальные расходы и слои половодья различной обеспеченности. В зависимости от значения C_s/C_v в качестве аналитической кривой использовались кривые обеспеченностей Крицкого-Менкеля или Пирсона III, расчет выполнялся методом моментов.

На рисунках 4.1 и 4.2 представлены примеры построения эмпирических и аналитических кривых для р. Печора – д. Якша, остальные – в Приложении Д.

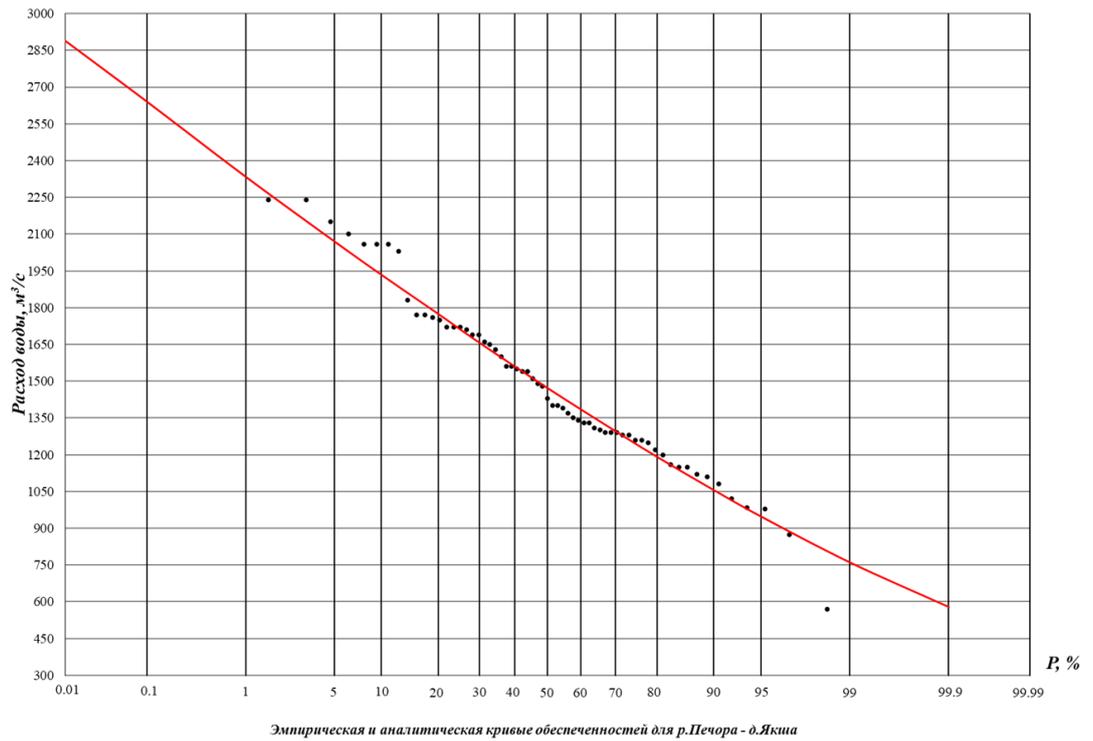


Рисунок 4.1 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей расходов весеннего половодья для р. Печора – д. Якша

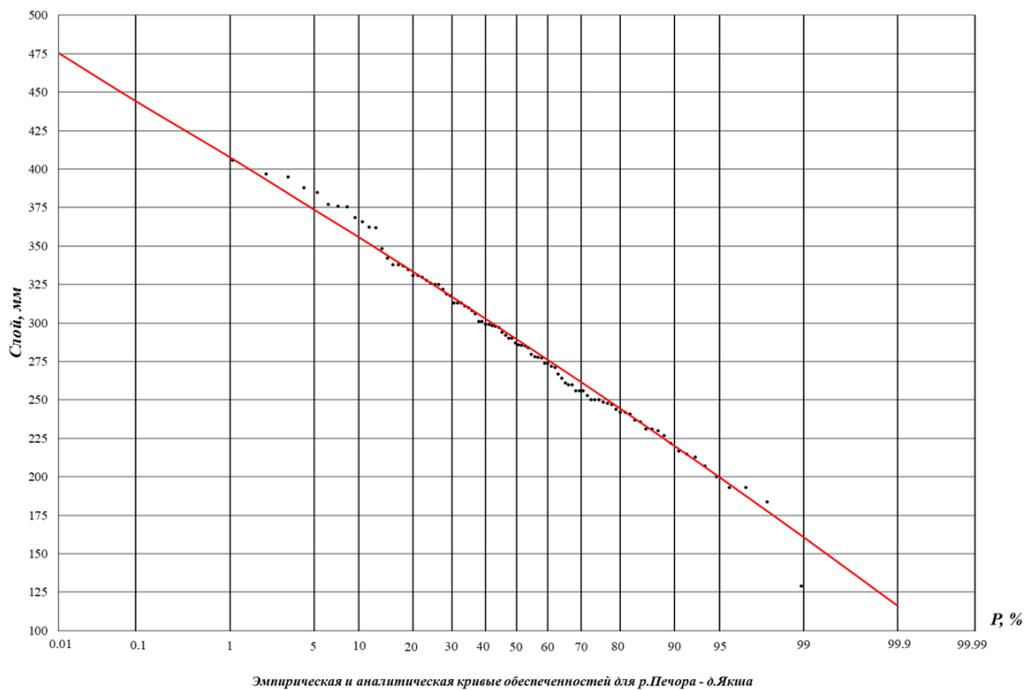


Рисунок 4.2 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей слоев весеннего половодья для р. Печора – д. Якша

Таблица 4.3 – Максимальные расходы весеннего половодья расчетной обеспеченности бассейна р. Печора

Река - створ	F, км ²	Q _{ср} , м ³ /с	C _v	Расходы обеспеченностью P %, м ³ /с						
				1	2	5	10	20	30	50
р.Печора - с.Усть-Унья	4430	926	0.27	2163	1513	1390	1252	1111	1020	887
р.Печора - д.Якша	9620	1486	0.23	2642	2176	2071	1935	1774	1657	1472
р.Печора - с.Троицко-Печорск	35600	4781	0.20	7984	6693	6407	6024	5594	5259	4748
р.Печора - с.Усть-Щугор	67500	9933	0.33	2483	2179	2107	1987	1846	1742	1552
р.Ильч - кордон Шежимдикост	6870	1560	0.29	4039	2645	2388	2120	1878	1699	1471
р.Сойва - д.Нижняя Омра	1240	201	0.26	379	308	291	270	245	227	199
р.Уса - с.Петрунь	27500	7392	0.25	13676	11148	10571	9832	8945	8316	7311
р.Адзьва - д.Харута	2280	2173	0.37	5535	3980	3651	3255	2801	2501	2075
р.Колва - с.Хорей-Вер	5470	1312	0.37	3691	2461	2218	1948	1669	1488	1232
р.Ижма - свх Извайльский	952	198	0.47	855	433	366	304	250	218	176
р.Ижма - с.Усть-Ухта	15000	2073	0.29	4760	3451	3174	2873	2535	2316	1993
р.Ижма - д.Картайоль	22700	2840	0.31	6862	4875	4459	4010	3511	3187	2716
р.Сеть-Ю - пос.Сетью	2410	344	0.26	856	555	499	456	403	370	328
р.Ухта - г.Ухта	4290	481	0.32	1193	838	764	684	597	540	458
р.Пижма - д.Боровая	4890	533	0.33	1142	897	840	769	681	621	523
р.Цильма - с.Трусово	20900	2925	0.32	5043	4470	4330	4078	3762	3510	3001
р.Сула - д.Коткина	8500	1174	0.15	1495	1431	1412	1378	1328	1287	1204

Таблица 4.3 – Слой стока весеннего половодья расчетной обеспеченности бассейна р. Печора

Река - створ	F, км ²	h, мм	C _v	Слой обеспеченностью P %, мм
--------------	--------------------	-------	----------------	------------------------------

				1	2	5	10	20	30	50
р.Печора - д.Якша	9620	288	0.18	408	387	374	356	333	317	289
р.Уса - с.Петрунь	27500	412	0.19	612	573	548	514	475	446	400
р.Ижма - с.Усть-Ухта	15000	176	0.21	267	250	239	224	207	195	175
р.Ижма - д.Картайоль	22700	165	0.22	265	243	228	210	192	179	160
р.Ухта - г.Ухта	4290	161	0.22	255	237	225	210	191	178	158
р.Пижма - д.Боровая	4890	142	0.24	227	211	200	187	171	159	140
р.Цильма - с.Трусово	20900	207	0.23	345	321	305	284	259	242	214
р.Сула - д.Коткина	8500	222	0.18	333	307	289	269	245	228	203

5. Расчет максимальных расходов весеннего половодья в пункте гидрологической сети при отсутствии данных наблюдений

Для проверки полученных результатов был выполнен расчет характеристик весеннего половодья для р. Исаковка – пос. Каджером при отсутствии данных наблюдений, то есть с использованием редуционной формулы. В дальнейшем полученные значения сравнивались с результатами, полученными с использованием методов моментов, так как для вышеупомянутого имеются натурные наблюдения. Данные по этому посту не включены в предыдущие расчеты.

В соответствии с СП 33-101-2003 [10], расчетный максимальный расход воды весеннего половодья $Q_{P\%}$, м³/с, заданной вероятности превышения $P\%$ при наличии рек-аналогов определяют по редуционной формуле:

$$Q_{P\%} = \frac{K_0 h_{P\%} \mu_{P\%} \delta \delta_1 \delta_2 F}{(F+c)^n} \quad (5.1)$$

где K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья;

$h_{P\%}$ – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), мм, ежегодной вероятности превышения $P\%$;

$\mu_{P\%}$ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды;

δ , δ_1 , δ_2 – коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и проточных озер (δ), залесенности (δ_1), заболоченности (δ_2) речных водосборов на максимальные расходы воды;

F – площадь водосбора исследуемой реки до расчетного створа, км²;

c – дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км²;

n – районный показатель степени редукции.

Показатель степени редукции n и параметр c в формуле (5.1) определяют на основе анализа зависимости $\lg(q_{1\%}/h_{1\%}) = f[\lg(F+1)]$, которая строится по

данным наблюдений на изученных реках исследуемого района (рисунок 5.1).

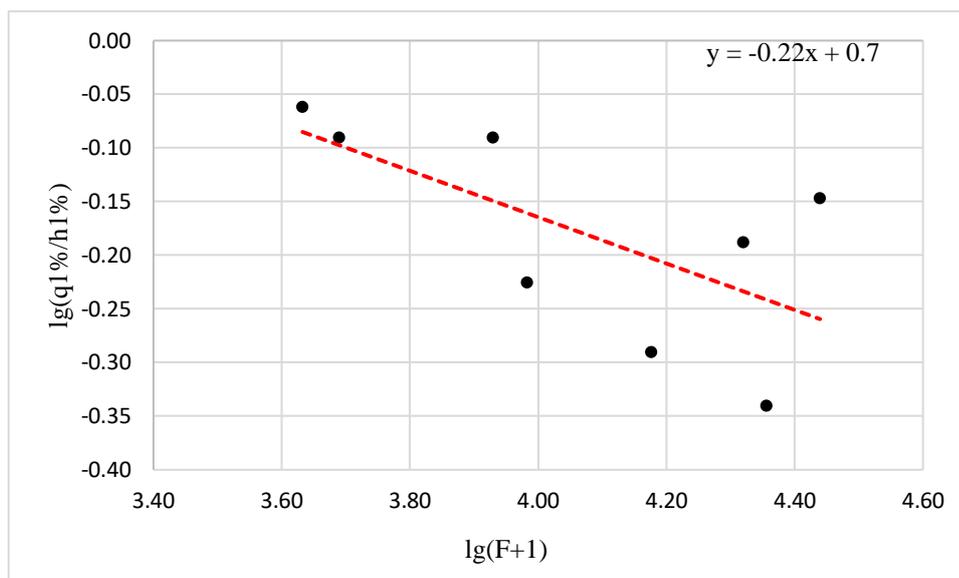


Рисунок 5.1 – Районная редуционная зависимость для района исследования

5.1 Расчет коэффициента, характеризующего дружность весеннего половодья (K_0)

Для последующих расчетов необходимо определить коэффициенты, такие как K_0 , характеризующий дружность весеннего половодья, и $\mu_P\%$, учитывающих неравенство статистических параметров.

С использованием данных по всем исследуемым створам по обратной редуционной формуле (5.1) был рассчитан коэффициент K_0 . Результаты расчета приводятся в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет коэффициента K_0 для рек бассейна р. Печора

Река - Створ	F, км ²	Q _{1%}	q _{1%}	h _{1%}	f _{0з} , %	f _л , %	f _б , %	δ	δ ₁	δ ₂	K ₀
р.Печора - д.Якша	9620	2334	243	408	<1	91	2	1	0.4	0.94	0.008
р.Уса - с.Петрунь	27500	12013	437	612	1	9	0	1	0.6	1.00	0.007
р.Ижма - с.Усть-Ухта	15000	3866	258	267	<1	89	7	1	0.4	0.84	0.016
р.Ижма - д.Картайоль	22700	5499	242	265	<1	91	5	1	0.4	0.88	0.016

Река - Створ	F, км ²	Q _{1%}	q _{1%}	h _{1%}	f _{оз} , %	f _л , %	f _б , %	δ	δ ₁	δ ₂	K ₀
р.Ухта - г.Ухта	4290	948	221	255	<1	89	6	1	0.4	0.86	0.011
р.Пижма - д.Боровая	4890	982	201	227	1	92	4	1	0.4	0.90	0.011
р.Цильма - с.Трусово	20900	4681	224	345	<1	74	14	1	0.4	0.73	0.012
р.Сула - д.Коткина	8500	1460	172	333	3	35	1	0.8	0.5	0.97	0.007
Среднее:											0.011

5.2 Расчет коэффициентов, учитывающих неравенство статистических параметров максимальных расходов и слоев половодья ($\mu_{P\%}$)

С использованием данных по всем исследуемым створам были рассчитаны коэффициенты $\mu_{P\%}$, которые определялись по формуле:

$$\mu_{P\%} = \frac{q_{P\%} h_{1\%}}{h_{P\%} q_{1\%}} \quad (4.11)$$

Результаты расчета приводятся в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Расчет переходных коэффициентов $\mu_{P\%}$

Река - Створ	Обеспеченность P, %						
	0.1	1	2	5	10	20	30
р.Печора - д.Якша	1.04	1.00	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91
р.Уса - с.Петрунь	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95
р.Ижма - с.Усть-Ухта	1.09	1.00	0.95	0.92	0.88	0.84	0.82
р.Ижма - д.Картайоль	1.05	1.00	0.97	0.94	0.92	0.88	0.86
р.Ухта - г.Ухта	1.11	1.00	0.95	0.91	0.88	0.84	0.81
р.Пижма - д.Боровая	1.02	1.00	0.98	0.97	0.95	0.92	0.90
р.Цильма - с.Трусово	0.95	1.00	1.03	1.05	1.06	1.07	1.07
р.Сула - д.Коткина	0.88	1.00	1.06	1.11	1.17	1.24	1.29
Среднее	1.02	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95
СНиП 2.01.14-83	1.02	1.00	0.98	0.97	0.96	0.93	0.9

Эти коэффициенты сравнивались с коэффициентами $\mu_{P\%}$, которые рекомендуются СНиП 2.01.14-83.

Можно заметить, что в диапазоне обеспеченностей от 1% до 2% различия в коэффициентах практически не наблюдается. С увеличением показателя обеспеченности увеличивается и разница в коэффициентах

На завершающем этапе выполнен расчет максимальных расходов весеннего половодья для расчетной реки. Для этого основные расчетные

параметры формулы (5.1) собраны в таблице 5.3. Результаты расчета представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.3 – Расчетные параметры формулы (5.1) для р.Исаковка–
пос. Каджером

F, км2	n	c	h ₀	C _v	C _s /C _v	K ₀
1690	0.22	1	222	0.21	1	0.011
f _{03%}	f _{л%}	f _{6%}	δ	δ ₁	δ ₂	δδ ₁ δ ₂
1	2	80	1	0.8	0.33	0.26

Таблица 5.4 – Расчетные характеристики весеннего половодья для
р.Исаковка – пос. Каджером при отсутствии данных наблюдений

Характеристика стока	Обеспеченность, %						
	1	2	5	10	20	30	50
Модульные к-ты слоя половодья	1.52	1.42	1.36	1.27	1.18	1.11	0.99
Слой половодья, мм	336	315	301	283	262	245	220
Коэффициенты μ _p %	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93
Q _{max} , м ³ /с	318	295	279	260	237	221	194
q _{max} , л/с км ²	188	174	165	154	140	131	115

Сравнение полученных расходов и слоев половодья с расчетом при наличии данных наблюдений:

Таблица 5.5 – Расчетные характеристики весеннего половодья для
р.Исаковка – пос. Каджером при наличии данных наблюдений

Характеристика стока	Обеспеченность, %						
	1	2	5	10	20	30	50
Модульные к-ты слоя половодья	2.16	1.91	1.74	1.54	1.31	1.16	0.95
Слой половодья, мм	404	357	325	288	245	217	177
Q _{max} , м ³ /с	485	428	391	346	294	260	213
q _{max} , л/с км ²	287	253	231	205	174	154	126

При сравнении таблиц 5.4 и 5.5 можно сделать вывод, что значения расходов и слоев, полученные различными способами (при отсутствии и наличии данных), имеют некоторые отличия. Так, значения слоев в таблице 5.3 до значения обеспеченности 10% больше, чем в таблице 5.2. Обратная ситуация с максимальными расходами и, следовательно, с модулями стока.

Заключение

В ходе выполнения бакалаврской работы были проведены расчеты и получены следующие результаты:

- Выполнен анализ рядов среднегодовых температур и сумм осадков по 3 метеостанциям. Тренды значимые, однако дальнейшие расчеты показали, что изменение климата не оказало существенное влияние на формирование максимального стока исследуемого района.
- Рассчитаны слои стока за период половодья по 8 станциям с 1981 по 2019гг.
- Рассчитаны максимальные расходы и слои стока заданной обеспеченности
- Уточнены параметры редуционной формулы
- Рассчитаны максимальные расходы и слои половодья по редуционной формуле, которая используется для постов, у которых отсутствуют данные наблюдения. Проведена проверка на независимом материале.

В ходе сравнения был сделан вывод, что результаты, полученные разными способами, имеют различия, но, в целом, полученные коэффициенты можно использовать для дальнейших расчетов.

Список использованной литературы

1. Ильина Л.Л., Грахов А.Н. Реки Севера / Рец.: д-р геогр. наук А.А. Соколов. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 128 с. — (Реки и озёра нашей Родины)
2. Атлас почв Республики Коми. Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. — Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2010. — 356 с.
3. Атлас почв Республики Коми. Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. — Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2010. — 356 с.
4. Атлас Республики Коми по климату и гидрологии. Под ред. А.И. Таскаева. — М.: ДиК, Дрофа, 1997. — 116 с.
5. Алисов Б.П. Климат СССР. — М.: Изд-во МГУ, 1956. — 125 с.
6. Справочник по водным ресурсам СССР. Том II. Северный край. — Л., 1934 г.
7. Пыстин М. С. Печора: Экономико-географический очерк. — Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1974.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность Том 3. Северный край. — Л., Гидрометеиздат, 1965 г.
9. Каталог заторных и зажорных участков рек СССР. Том I. — Л.: Гидрометеиздат, 1976.
10. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. — М.: Госстрой России, 2004. — 73 с.