



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

Кафедра Гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему

**Уточнение параметров
расчетных формул весеннего
половодья рек в районе
города Ухта**

Исполнитель Сумачев Александр Эдуардович

Руководитель Кандидат технических наук, ст. научный сотрудник ФБГУ
«ГТИ»

Горошкова Наталия Ивановна

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

канд. геогр. наук. Сикан Александр Владимирович

«ИГ» ИГГМ 2016 г.

Санкт-Петербург
2016

Содержание:

Введение.....	3	
Глава I. Физико-географическое описание района	4	
1.1 Общие сведения.....	4	
1.2 Рельеф и геологическое строение.....	5	
1.3 Почвы и растительность.....	7	
1.4 Климат.....	9	
Глава II. Гидрография и водный режим рек.....	13	
2.1 Гидрография.....	13	
2.2 Водный и ледовый режим рек района.....	15	
Глава III. Максимальный сток весеннего половодья в районе исследований.....	18	
3.1 Гидрологическая изученность района.....	18	
3.2 Максимальный сток весеннего половодья.....	22	
3.3 Характеристики весеннего половодья	25	
3.4 Оценка влияния изменения климата на реки района.....	41	
3.5 Расчет обеспеченных значений расходов воды и слоев стока за весеннего половодья в районе города Ухта.....	44	период
Заключение.....	51	
Список литературы	52	

ВВЕДЕНИЕ

Освоение территории европейского севера РФ требует строительства газо- и нефтепроводов, шоссейных и железных дорог, возведение мостов и других хозяйственных объектов. В связи с этим необходимо иметь надежные расчетные гидрологические характеристики, учитывающие последние годы наблюдений.

Весеннее половодье является основной характеристикой водного режима рек севера ЕТР. Поэтому максимальные расходы и слои весеннего половодья являются определяющими при проектировании разнообразных гидротехнических сооружений.

В ближайшее время предполагается строительство газопровода Ухта-Ярославль. Для отрезка газопровода, проходящего в районе города Ухта, необходимо было уточнить гидрологические характеристики, для расчета трубопереходов через реки Чибыю и Ухта.

Основной задачей данной работы является уточнение характеристик и параметров расчетных формул весеннего половодья с учетом последних лет наблюдений на реках бассейна реки Печора в районе города Ухта. Для этого были проанализированы исходные данные, рассчитаны статистические параметры рядов наблюдений, вычислены их обеспеченные значения и уточнен параметр K_0 . Было выполнено приведение к многолетнему периоду коротких рядов и рассчитаны максимальные расходы и слои стока для двух неизученных рек.

В связи с происходящими в последние годы изменениями климата, было проанализировано влияние климатического фактора на сток весеннего половодья.

Полученные в квалификационной работе данные будут использованы при разработке в ФБГУ «ГГИ» проекта газопровода Ухта-Ярославль.

ГЛАВА I. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАЙОНА

1.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ:

Рассматриваемая территория, обычно называемая Северным краем, занимает северо-восточную окраину. Европейской территории Российской Федерации. На севере она омывается Белым и Баренцевым морями. С запада на восток. Северный край простирается от меридиана г. Каргополя до Уральских гор и включает в себя бассейны рек Онеги, Северной Двины, Мезени, Печоры и Кары, а также многих сотен малых рек, впадающих в Белое и Баренцево моря между устьями Онеги и Кары.

Охватывая около миллиона квадратных километров площади, Северный край простирается на 650—700 км в меридиональном и на 1000 км в широтном направлении. Крайние южная и северная точки расположены соответственно на 58 и 70° с. ш., а западная и восточная — на 38 и 65° в. д. В пределы рассматриваемой территории входит несколько крупных административных областей: Архангельская с Ненецким национальным округом (без арктических островов, не изученных в гидрологическом отношении), Республика Коми, Вологодская область (без западной ее части) и значительная часть Кировской.

Описываемая территория представляет собой огромную лесистую равнину, почти ничем не защищенную от западных и северо-западных ветров, с которыми связано поступление влажных воздушных масс. Для нее характерны избыточное увлажнение и относительно однообразные природные условия, коренным образом меняющиеся только вблизи полярного круга, где тайга уступает место лесотундре и тундре, да у восточных ее пределов, где равнина сменяется возвышенностями западного Урал. Гидрометеорологическое обслуживание Северного края осуществляется Северным УГМС (г. Архангельск), а на южной ее окраине (верховья бассейна р. Юг) Верхневолжским УГМС (г. Нижний Новгород). Научно-методическое руководство обеспечивается Государственным гидрологическим институтом (г. Санкт-Петербург).

1.2 РЕЛЬЕФ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Рельеф, несмотря на существенные различия в геологическом строении и истории развития отдельных частей территории, весьма однообразен и преимущественно является равнинным. Равнинный характер местности мало нарушается наличием так называемых «хребтов» на северо-западной окраине Ветреного Пояса и возвышенностей Тимана в центральной части. Только в узкой полосе на восточной границе рельеф приобретает совершенно иной характер, свойственный горным странам, а с ним существенно меняются климат, гидрографический облик и гидрологический режим рек и озер.

На большей части территории низменные равнины чередуются с невысокими плато и возвышенными равнинами, слабоволнистыми или слегка всхолмленными. Ближе к морскому побережью низменности занимают обширные пространства; по мере удаления от него площадь их уменьшается, причем располагаются они полосами вдоль главных рек и их наиболее крупных притоков.

Возвышенные равнины приурочены к приводо-раздельным участкам междуречий. Чем дальше от морского побережья, тем эти участки обширнее. В целом поверхность Северного края понижается с юга на север, что и определяет общее направление речного стока — к Белому и Баренцеву морям.

Абсолютные отметки низменностей 30—80 м, а вблизи морского побережья еще меньше.

На возвышенных равнинах и плато отметки в среднем 100—160 м, местами до 200—250 м. Переходы от низменностей к возвышенным равнинам и плато выражены отчетливо и имеют характер уступов относительной высотой 50—100 м.

Такие уступы наветренной экспозиции являются причиной местных аномалий осадков и речного стока с малых водосборов. Поверхность плато и возвышенных равнин пересечена густой сетью глубоковрезанных речных долин, хорошо дренирована и только лишь местами заболочена. В пределах низменностей долины неглубокие, слаборазработанные. Основная масса болот приурочена к низменностям. На морском побережье болот особенно много между Беломорско-Кулойским плато и Тиманом, что связано также и с

особенностями климата этой части побережья, более теплого и влажного, чем к востоку от Тимана. Упомянутые выше хребты Ветреный Пояс и Тиман занимают сравнительно небольшую часть описываемой территории и по высотам мало отличаются от ближайших возвышенных равнин. Ветреный Пояс заходит в пределы края лишь своей юго-восточной оконечностью. С ним связано изменение направления течения р. Онеги с меридионального на юго-западное.

Более значительным по размерам, оказывающим заметное влияние на климатические и гидрологические условия края, является Тиман с его продолжением на северной оконечности п-ва Канин хребтом Паэ (Канин Камень). По занимаемой площади он сравним с крупными плато, а по абсолютным отметкам значительно их превосходит: средняя высота его около 190 м, что на 30—60 м выше других возвышенностей.

Система горных хребтов в предгорьях западного Урала сменяется высокими увалами, вытянутыми в меридиональном или близком к нему направлениям и образующими систему кулис. Высота хребтов близ главного водораздела достигает 1000—1500 м и более.

В целом поверхность Северного края понижается с Юга на север, что и определяет направление стока. Рассматриваемая территория, сложена, в основном, меловыми отложениями.

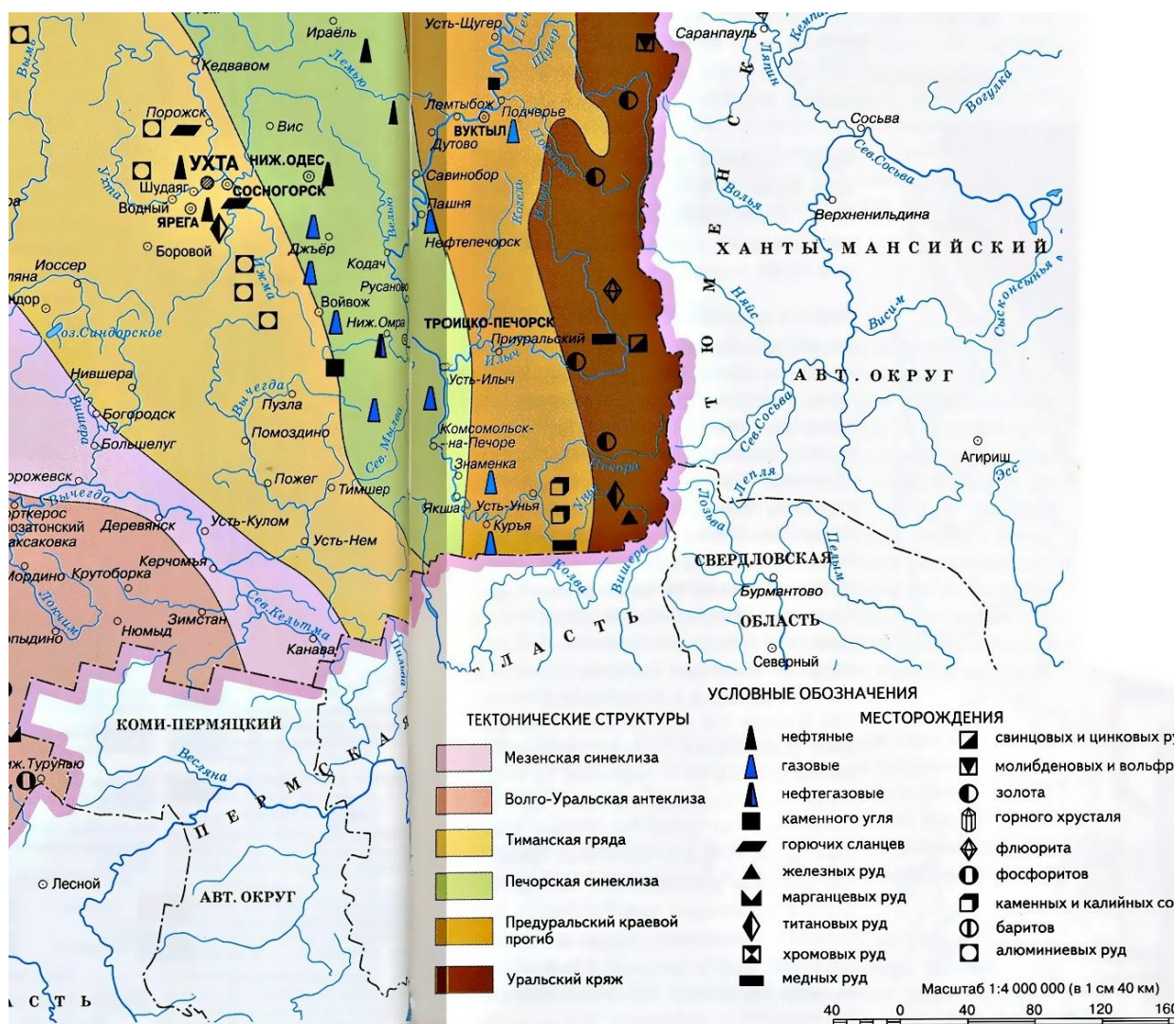


Рисунок 1.2.1: Геологическое строение Республики Коми в районе города Ухта.

1.3 ПОЧВЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Почвы на большей части территории подзолистые, супеоподзолистые или суглинистые, местами пешаные или торфянистые, в тундрах к северу от полярного круга — глеево-болотные. В изменении почвенного покрова обнаруживается широтная зональность: севернее 64° широты почвы преимущественно глеево-подзолистые; южнее, до 60° широты, — типичные подзолистые, на юго-западной периферии Северного края дерново-подзолистые. Горный рельеф на восточной окраине территории нарушает широтную зональность их распределения, и она уступает место высотной поясности. Широтная зональность значительно нарушается и на равнине за

счет неоднородности геолого-геоморфологических условий, создающих большую пестроту распределения почв.

В лесной зоне преобладают подзолы на песках и глеево-подзолистые почвы на суглинках. На плоских водоразделах широко распространены обширные торфяники.

В тундре почвы формируются на рыхлых наносах в условиях застоя влаги, недостатка кислорода,

Растительный покров в основном представлен хвойными лесами, а к северу от полярного круга — лесотундровым редколесьем, мхами и лишайниками в сочетании с кустарничковыми и кустарниковыми зарослями. В горах Урала выше границы леса (300—350 м над ур. м. в южной части Полярного Урала и 400—500 м на Северном Урале) распространена горно-тундровая растительность с небольшими пятнами альпийских лугов по наиболее защищенным от ветра участкам горных склонов. На плоских вершинах, а местами и по склонам наиболее высоких хребтов простирается пояс горных гольцовых пустынь с пятнами лишайников, подушками мхов или кустиками травянистых растений (папоротников, некоторых цветковых) в расщелинах скал.

Леса преимущественно еловые с примесью березы, сосны, а местами и осины; значительное распространение имеют сосновые леса, в основном приуроченные к обширным речным террасам. Близ северной границы таежной зоны из-за более суровых климатических условий и большей заболоченности леса редкостойные. На более теплой и сухой юго-западной окраине Северного края они еловые или елово-пихтовые с примесью липы (подзона южной тайги).

Горные леса по своему составу сходны с равнинными; до широты горы Тельпосиз они еловые, южнее — пихтово-еловые. Вблизи границы леса они переходят в березовое криволесье, пихтово-еловое или лиственничное редколесье.

Вырубки и гари в лесах широкое распространение имеют в наиболее обжитой юго-западной части Северного края и вдоль основных железнодорожных магистралей. Они быстро зарастают березово-сосновым молодым лесом, который на более поздних стадиях лесовозобновления нередко снова заменяется еловым. Из-за этого залесенность водосборов

малых рек заметно уменьшается в связи с вырубкой только в районах наиболее интенсивных лесоразработок.

Лесопокрытость водосборов в таежной зоне преимущественно более 80%, местами до 95—99%. Большая часть безлесных площадей приходится на болота — 5—10% и более. Болота распространены повсеместно, но чаще встречаются на северо-западе территории, где климат влажный, а земная поверхность представляет обширные низменности.

В тундровой зоне болота в основном имеют реликтовый характер, многие из них подвергаются интенсивному разрушению; другие связаны с современным болотообразовательным процессом. Обычно они неглубокие, мохово-осоковые. В таежной зоне преобладают выпуклые верховые сфагновые торфяники. В травяно-кустарничковом ярусе для них характерны пушица, шейхцерия, очеретник, багульник, подбел, Кассандра, голубика, клюква; из древесных пород — угнетенная сосна.

Луговая растительность встречается как в лесной, так и в тундровой зоне. Распространена она в поймах рек и по рашисткам от леса и кустарника на склонах речных долин. Общая площадь, занятая луговой растительностью, незначительна (менее 0,3%) - Представлена она многолетними травянистыми растениями, образующими сложные сообщества, состоящие из верховых злаков (лисохвоста, канареечника и др.), мелкотравья (полевицы, овсяницы красной, нивянки) и низкотравья (белоуса, манжетки, клевера).

1.4 КЛИМАТ

Большая протяженность рассматриваемой территории, как в меридиональном, так и в широтном направлениях и наряду с этим некоторая неоднородность рельефа создают значительное различие климата отдельных ее частей. Особенности климата определяются малым количеством солнечной радиации зимой, влиянием Северного Ледовитого океана, особенно заметным в северной части исследуемого региона, и интенсивным западным переносом воздушных масс.

Для Северного края характерна частая смена воздушных масс при прохождении циклонов со стороны Атлантики. С ними связана пасмурная с осадками погода, теплая и нередко с оттепелями зимой и прохладная летом. Циклоническая деятельность наиболее активно проявляется зимой и осенью, летом она ослабевает.

Поступление воздушных масс арктического происхождения в любое время года сопровождается холодными и сухими северо-восточными ветрами, приносящими резкие похолодания. Наиболее часто их вторжения наблюдаются в летнее время.

Со стороны Сибири зимой нередко поступает континентальный воздух, принося сухую морозную погоду. С юга и юго-востока поступают преимущественно континентальные массы воздуха, охлажденные зимой и прогретые летом.

Частая смена воздушных масс придает погоде в течение всего года большую неустойчивость.

Влияние морей сильно сказывается на распределении температуры воздуха по территории. Зимой температура воздуха на побережьях морей выше, чем в удалении от моря, а летом — ниже. В глубь материка в направлении с запада на восток влияние Атлантики ослабевает. Следовательно, с севера на юг и с запада на восток нарастает континентальность климата, что можно проследить по изменению годовой амплитуды температуры воздуха. Она увеличивается от 23—28° на севере территории до 30—31° на юге и от 15° на западной границе края до 35° в предгорьях Урала. Наибольшей суровостью климата отличается северо-восточная окраина, особенно горные районы (Полярный Урал).

Совокупность перечисленных факторов обуславливает короткое прохладное лето и длинную холодную зиму с устойчивым снежным покровом, более мягкую в западных районах Северного края и более суровую в восточных. Небольшие местные различия климатических условий связаны с микро и мезоформами рельефа.

Зима продолжается пять-шесть месяцев на западе территории, шесть-семь месяцев на востоке. Средняя температура воздуха за наиболее холодный месяц достигает обычно —20°. Снежный покров устойчив. Характерны частые метели; зимой преобладают ветры южного, юго-западного направлений, средняя скорость которых 3—7 м/сек.

Осадков зимой выпадает до 200 мм; наибольшее количество осадков наблюдается в горах и предгорьях Урала, а в пределах равнинной части территории — на наветренных склонах возвышенностей и уступах плато.

Лето продолжается три—четыре месяца в юго-западных районах, один—два месяца в северо-восточных. Средняя месячная температура не превышает 16—17 °С, заморозки возможны в любом из летних месяцев. Ветры преимущественно северного и северо-восточного направлений, их скорость 2,5— 3,5 м/сек., на побережьях морей— 4, 5—5,5 м/сек. Осадков за летние месяцы выпадает 400—500 мм. Весна непродолжительная. Средняя многолетняя температура воздуха с марта по май отрицательная и составляет пять градусов.

Ниже приведены хронологические графики среднемесячной температуры воздуха за апрель—июнь (1940–2014) годы на станции Усть-Уса.

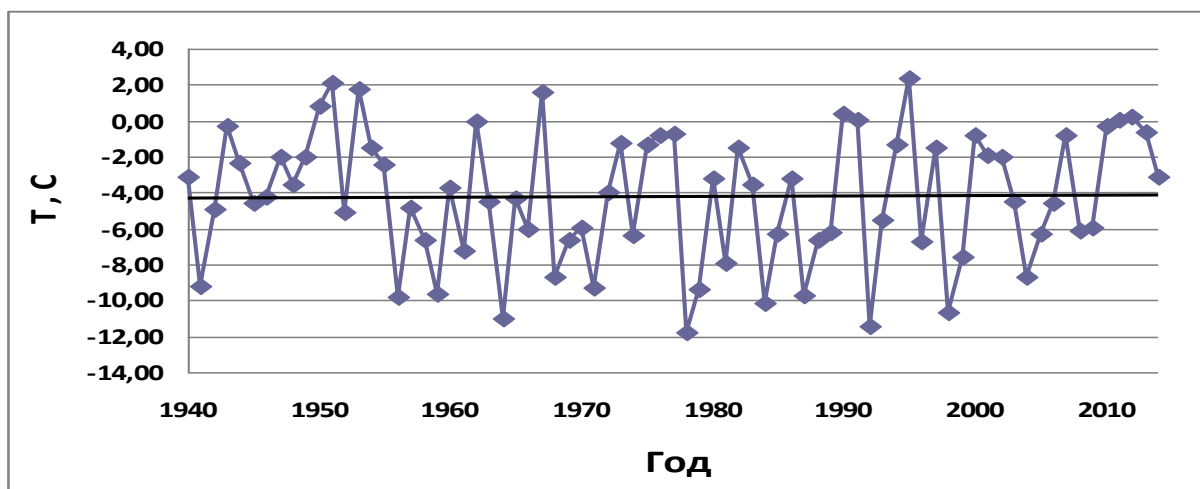


Рисунок 1.4.1– Многолетняя среднемесячная температура апреля

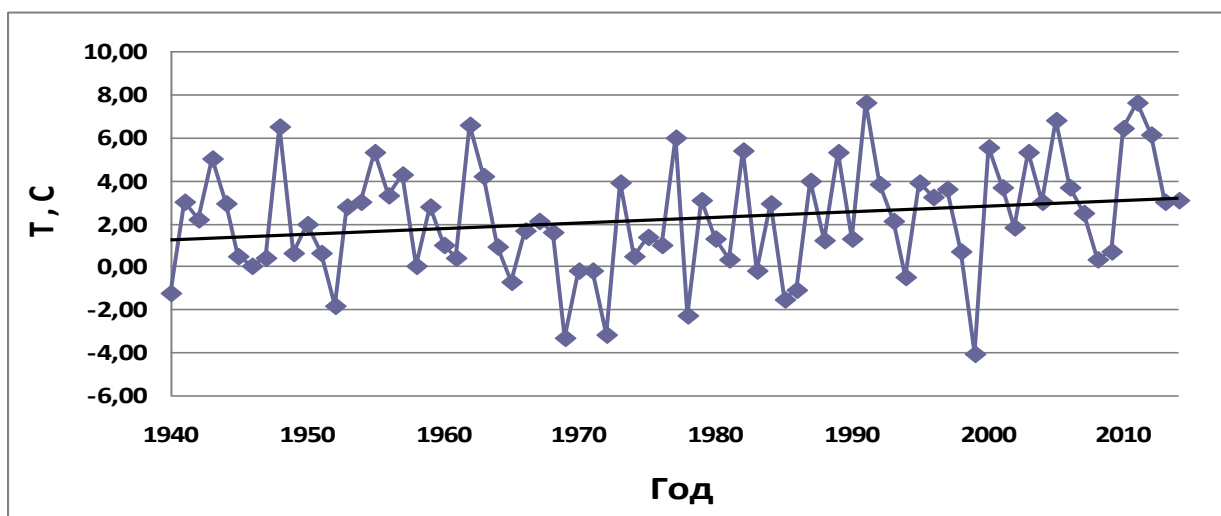


Рисунок 1.4.2– Многолетняя среднемесячная температура мая

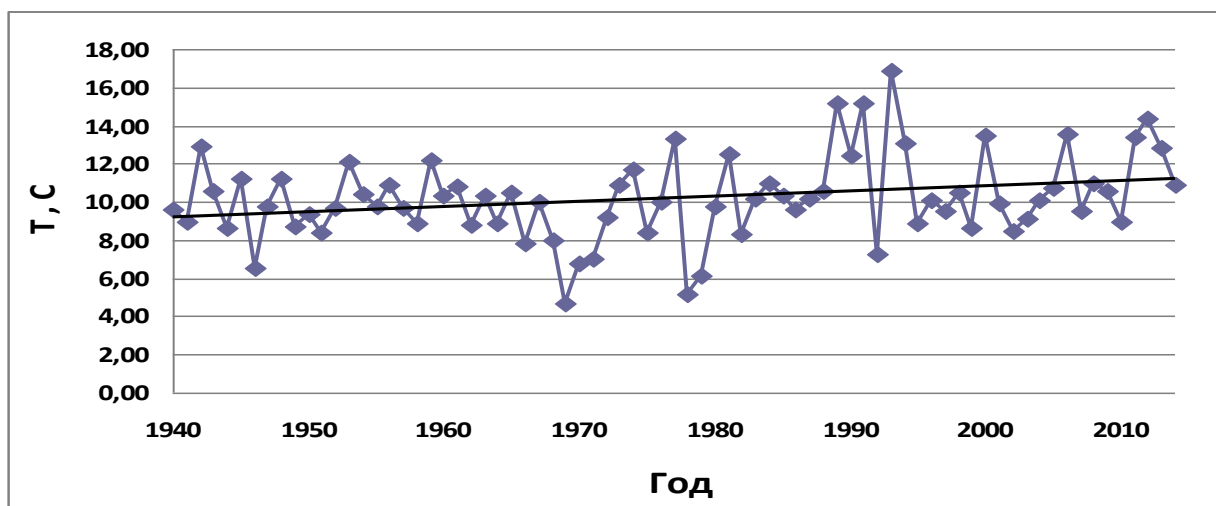


Рисунок 1.4.3–Многолетняя среднемесячная температура июня.

Апрельские температуры колеблются от минус 10-14 градусов до 2-3 градусов выше нуля.

При этом среднемесячное значение температуры остается отрицательным на всем рассматриваемом временном промежутке. Имеется линейный тренд к снижению средней температуры месяца, но, начиная с восьмидесятых годов двадцатого века, заметна тенденция к ее повышению.

Среднемесячная температура в мае, является, как правило, положительной, но в отдельные годы может достигать 4 градусов ниже нуля. Видна четкая тенденция к повышению майской температуры, начиная с 80 годов - в 91 году среднемесячная температура достигла больше семи градусов выше нуля. Так же стоит отметить холодный период начала семидесятых - тогда среднемесячная температура достигала минус четырех градусов.

Июньская температура наиболее стабильна и отличается намного меньшей амплитудой - до семидесятых годов она в среднем составляла плюс десять градусов. Также как в марте и апреле можно выделить холодный период семидесятых. Начиная с восьмидесятых годов, аналогично всем другим рассмотренным месяцам начинается плавное повышение температуры, которая в максимумах достигает семнадцати градусов выше нуля.

Осадков за весну выпадает много среднее их количество с марта по июнь 39 мм. Ниже приведены хронологические графики по сумме осадков с марта по июнь за 1966-2014 годы.

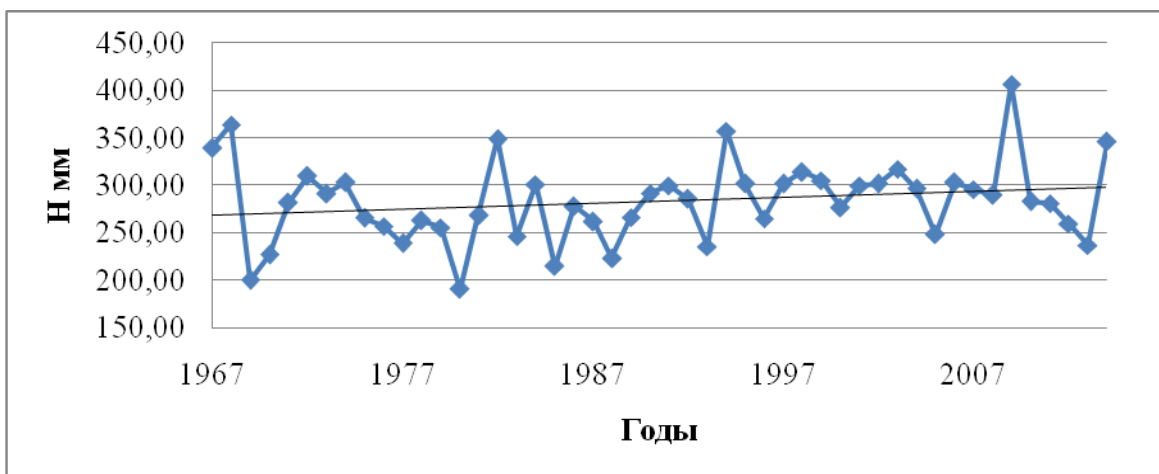


Рисунок 1.4.4– Хронологический график сумм осадков за март - июнь

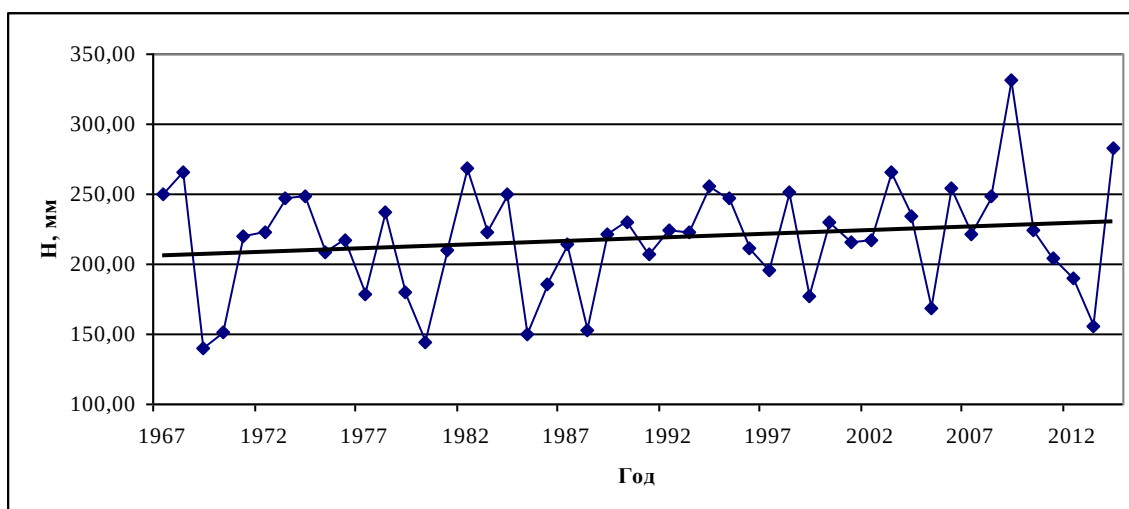


Рисунок 1.4.5– Хронологический график сумм осадков за октябрь- март

Анализ графика показывает, что сумма осадков за период весеннего половодья увеличится, что связано с климатическими изменениями. Среднее значение за рассматриваемый период составило 134 мм.

ГЛАВА II. ГИДРОГРАФИЯ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ РЕК

2.1 ГИДРОГРАФИЯ

Речная сеть густая и развита сравнительно равномерно, что связано с избыточным увлажнением и относительно однородными природными

условиями на большей части территории. Заметно разрежена она только в карстовых районах. Коэффициент густоты речной сети преимущественно 0.5—0.6 км/км², в бассейне р. Онеги в среднем около 0,3 км/км², в карстовых районах 0.1—0.2 км/км² и меньше. Всего в пределах Северного края насчитывается 138.5 тыс. рек. Общая их протяженность 5212 тыс. км. Преобладают малые реки и ручьи длиной менее 10 км (93.6% общего количества рек). На их долю приходится около половины (53.1%) общей протяженности водотоков. Рек длиной более 100 км всего 280, а свыше 500 км — 14.

Главные реки: Онега, Северная Двина, Мезень и Печора — берут начало близ южных границ Северного края, текут в северо-западном направлении и впадают в Белое и Баренцево моря. Северная Двина и Печора являются крупнейшими судоходными реками ЕТР и по величине стока воды занимают соответственно четвертое и второе места после р. Волги. Их основные притоки — Сухона, Юг, Вычегда, Вага, Пинега, Уса, Ижма — так же являются крупными речными магистралями.

Реки Северная Двина и Печора в устьях имеют обширные многорукавные дельты, а реки Онега и Мезень — широкие мелководные эстуарии.

Водоразделы между бассейнами главных рек, также как и внутри этих бассейнов, орографически выражены слабо, что связано с равнинным характером территории. Слабо прослеживается общий водораздел рек Северного края и рек соседних районов — бассейнов Онежского озера на западе, Верхней Волги и Камы на юго-западе и юге. Только на востоке, где он проходит по горным хребтам Урала, водораздел выражен четко. Для большинства равнинных рек характерны широкие пойменные долины с террасированными склонами. Продольные профили рек хорошо выработанные, близки к профилю равновесия. Течение рек спокойное; длинные плесы чередуются с перекатами; в верховьях рек перекаты нередко гравелисто-галечные (по-местному переборы), кое-где встречаются небольшие пороги, образуемые выходами твердых коренных пород (известняков, доломитов и др.) или скоплением в русле валунов, вымытых из морены. Порожистых рек в пределах равнинной части территории мало; приурочены они к западной ее окраине, где кристаллический фундамент залегает у самой поверхности земли, а также к Тиманскому хребту (р. Онега,

некоторые ее левобережные притоки, верховья Мезени и ее правобережных притоков, левобережные притоки Ижмы).

2.2 ВОДНЫЙ И ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ РЕК

Водный режим.

Реки северного края относятся к рекам преимущественно снегового питания. Согласно классификации М. И. Львовича, все реки Республики Коми по источникам питания относятся к следующим типам:

- 1) Реки, имеющие преимущественно снеговое питание (80%), причем на теплый период года приходится до 80% стока. К этому типу относятся реки северной приполярной и заполярной полосы: Уса, Цильма и часть Нижней Печоры ниже Усть-Цильмы;
- 2) Реки преимущественно снегового питания (80%) с преобладанием весеннего стока и с таким внутригодовым распределением, что на каждый сезон приходится менее 50% годового стока. Реками этого типа представлены: большая часть бассейна Печоры

В зимний период питание рек уменьшается и зависит от метеорологической обстановки (общая суровость зимы, время образования снежного покрова и его мощность, степень дождливости предшествующей осени и летнего периода) грунтовое питание рек в одних и тех же районах в отдельные годы подвержено колебаниям.

Для равнинных рек (Средняя и Нижняя Печора, Вычегда, Вашка, Луза, Летка и др.) характерно относительно слабое питание подземными водами. Мощный покров широко развитых четвертичных отложений, обладающих низкими коэффициентами фильтрации, служит одной из причин ослабленной циркуляции этих вод и питания ими речных систем. Малая изрезанность рельефа и, как следствие этого, незначительная обнаженность территории бассейнов, также служит препятствием к широкому участию подземных вод в питании рек. Лишь в тех случаях, когда четвертичные отложения представлены хорошо фильтрующими флювиогляциальными образованиями или когда имеются выходы водоносных коренных пород, реки могут получать достаточно обильное питание за счет подземных вод (Верхняя Печора, правые притоки Средней Печоры, Вымь, Ижма и др.).

Значительную специфику в отношении условий питания рек грунтовыми и подземными водами представляет северо-восточная часть

изучаемой территории с сплошным развитием вечной мерзлоты (бассейн Воркуты и верховья Усы). Здесь препятствия для циркуляции подземных вод особенно велики. Однако при благоприятном сочетании гидрогеологических условий с характером четвертичных отложений подземные воды, в данном случае подмерзлотные и межмерзлотные, и здесь могут играть видную роль в питании рек (отдельные участки Воркуты и Усы).

В летне-осенний период нередко дождевые паводки, за счет чего водность рек увеличивается.

Во время прохождения половодья наблюдаются максимальные расходы воды. Объем стока за данный период составляет 40-60% годового стока. Формирование высоких паводков в основном определяется величиной снеготаяния и дружностью снеготаяния. Значение среднего стока на равнинных реках – около 170 мм, а на возвышенностях 200 – 700 мм. Наибольшая часть суммарного стока за весну приходится на талые снеговые воды около 80 %, доля дождевого стока не превышает 30%, а на грунтовый сток приходится 5–10%. Продолжительность половодья равна 1.5-2 месяца, на больших реках и реках с озерным регулированием – 2.5-3 месяца.

Гидрограф половодья однопиковый, при возвратах холодов в период снеготаяния в большей или меньшей степени расчленен. Продолжительность половодья при этом увеличивается до двух месяцев (до первой декады июня). На горных районах он обычно гребенчатый. Летне-осенняя межень начинается в конце мая - середине июня, на северо-востоке края в середине июля. Ее устойчивость и водность зависит от количества осадков и времени их выпадения. С переходом среднесуточных температур через 0° поверхностный сток постепенно прекращается, преобладающим становится грунтовое питание.

Половодье сопровождается большими подъемами уровня воды в реках. Во вторую половину лета и зимой, при переходе на грунтовое питание, реки сильно мелеют, и уровень в них падает. Амплитуда колебания уровня на Северной Двине и Печоре - достигает 10-12 м, а на других водотоках - 5-8 м.

Уравнение водного баланса бассейнов рек Северной Двины и Печоры приведено в таблице 2.1, из анализа которой следует, что большая часть выпадающих осадков (60-80%) идет на образование поверхностного стока, о чем свидетельствуют высокие коэффициенты стока.

Таблица 2.2.1–Водный баланс бассейнов р. Северной Двины и Печоры

Река	Осадки, мм	Сток, мм	Испарение, мм	Коэффициент стока
Северная	503	310	193	0,62
Двина	487	398	89	0,82
Печора				

В районе исследований – в бассейне Усы – коэффициент стока характеризуется еще более высокими значениями – 0.92. Это обуславливает высокую относительную водность рек. Здесь среднегодовой модуль стока равен около 10 л/сек км², а соответствующий ему слой стока - около 300-350 мм.

Наибольшей относительной водностью отличаются также реки западных склонов Урала, где средний годовой модуль стока достигает; 15-16 л/сек км². В зоне тундры относительная водность несколько понижается, так как осадков здесь выпадает меньше, чем в таежной зоне.

Ледовый режим.

В условиях относительно сурового климата Северного края на реках ежегодно образуется устойчивый и длительный ледостав, продолжающийся от 5 месяцев на юго-западе до 7 месяцев на северо-востоке. В соответствии с развитием осенних процессов, замерзание рек ранее всего наблюдается на крайнем северо-востоке, где оно начинается в конце октября; отсюда этот процесс постепенно распространяется к юго-западу, где реки замерзают лишь в середине ноября. Процесс очищения рек ото льда развивается в обратном порядке: с юго-запада, где реки вскрываются в середине апреля, на северо-восток, где вскрытие происходит значительно позже - в середине и даже в конце мая.

Вскрытие основных рек района, текущих с юга на север, развивается, начиная с их верховьев, и распространяется вниз по течению. Так, например, Северная Двина в верховьях вскрывается в среднем 24/IV, а в низовьях - 6/V. При этих условиях лед, движущийся сверху, попадает в места, где вскрытие еще не произошло и ледяной покров достаточно прочен. Происходят временные остановки льда, причем образуются мощные заторы, сопровождающиеся большими подъемами уровня воды. Заторы льда - одна из характерных особенностей ледового режима рек района. Толщина льда на реках достигает значительной мощности.

ГЛАВА III. МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА

Исследуемая область расположена на юго-западе Республики Коми в районе города Ухта.

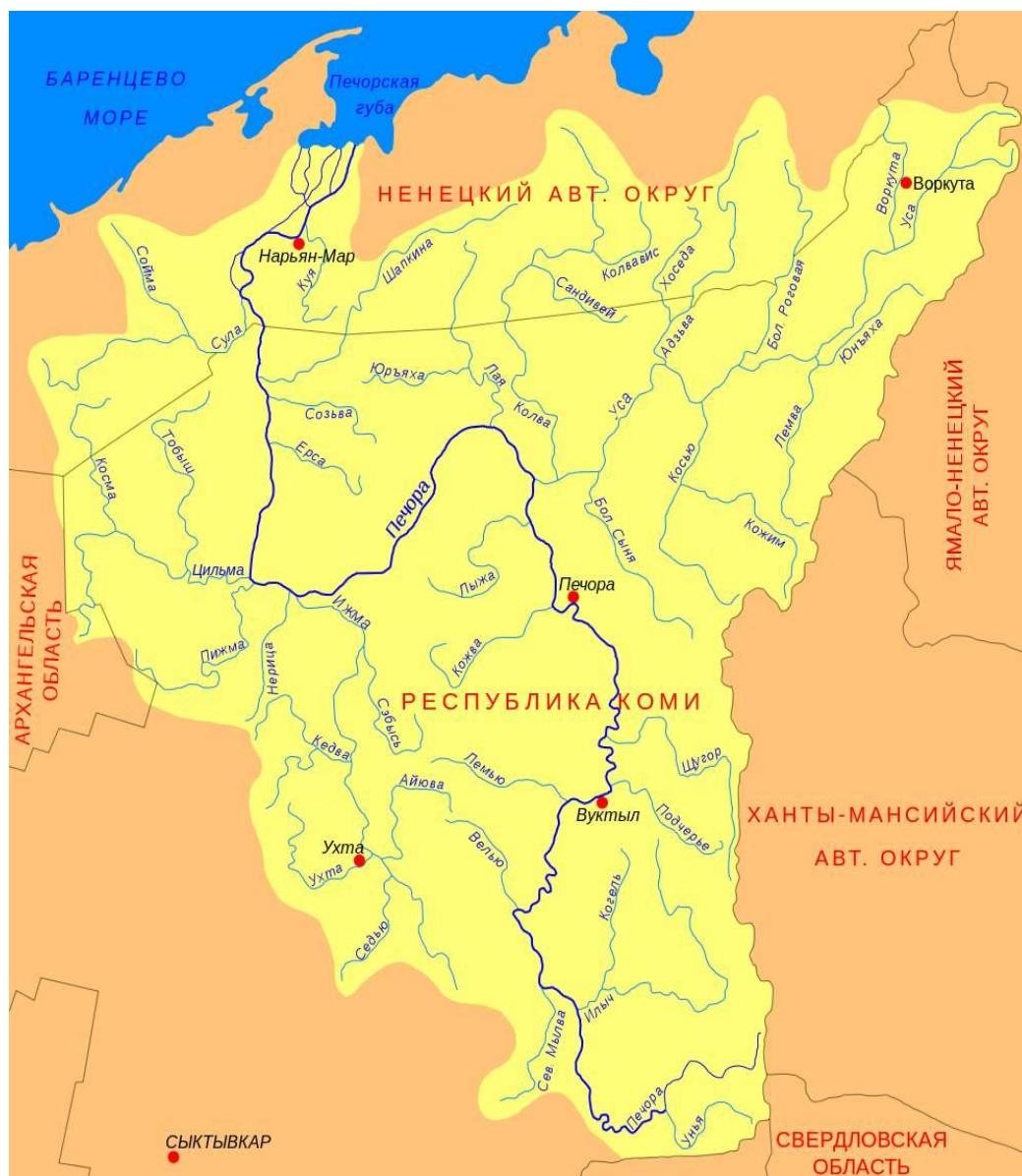


Рисунок 3.1.1– Карта района

Исследуемые реки относятся к бассейну реки Ижма, которая является частью бассейна Печоры.

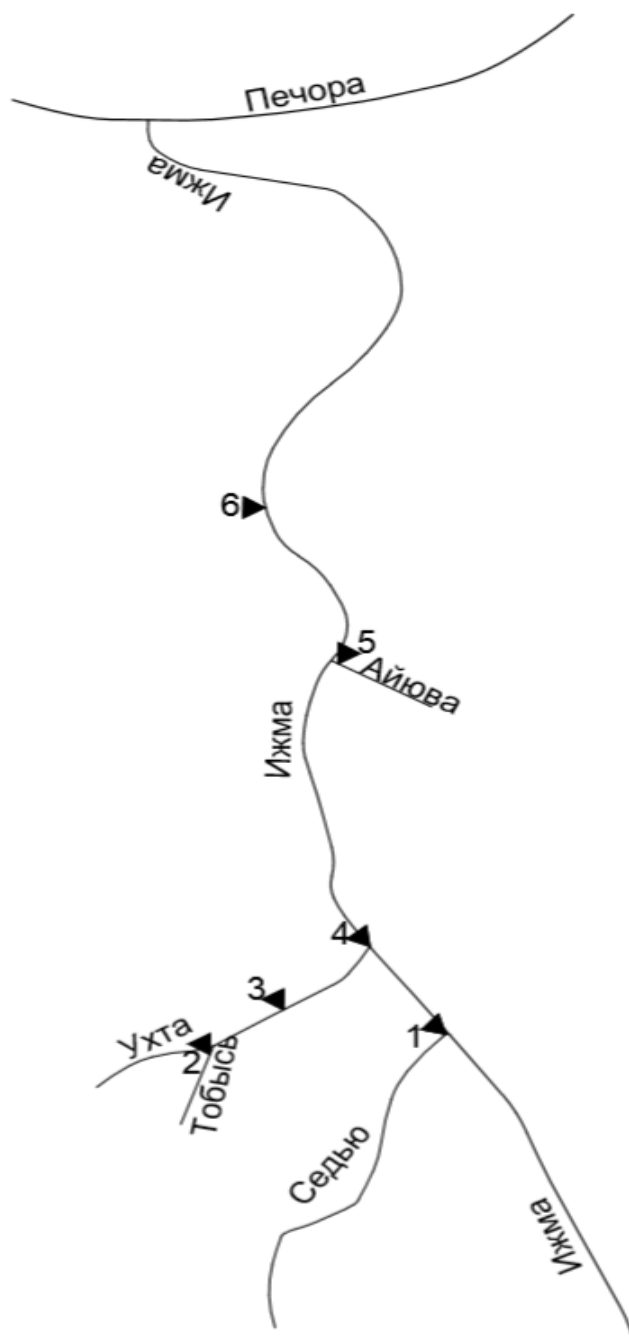


Рисунок 3.1.2: Изучаемые реки

Где: 1. р. Седью – пос. Седь-ю; 2. р. Тобысь–ст. Тобысь; 3. р. Ухта- г. Ухта;
4. р. Ижма- ст. Усть-Ухта; 5. р.Айюва – ст. Керки ; 6. р. Ижма - д. Картайоль.

Реки района протекают с запада на восток и с юга на север – это обуславливает сложный гидрологический режим с возможностью образования заторов и зажоров.

Замыкающим створом для данных рек является пост в деревне Картайоль на реке Ижма. Его площадь водосбора равна 22 700 км². Самая маленькая из рассматриваемых рек - Тобысь. Площадь ее водосбора составляет 780 км².

Ниже приведена таблица гидрологической изученности рек района исследований.

Таблица 3.1.1– Таблица гидрографических характеристик рек исследуемого района.

Река - пост	Период наблюдений	Раст. от наиболее удаленной точки речной системы, км	Раст. от истока реки, км	Уклон		F, км ²	Средняя высота водосб., м	Ср. уклон водосбора, ‰	f _{оз} , %	f _б , %	f _{леса} , %	Густота речной сети, км/км ²
				Средний, ‰	Средне взв, ‰							
Ижма - Усть-Ухта	1933-2012.	215	215	0,74	0,56	15000	158	–	<1	7	90	–
Ижма -Картайоль	1934-2012	377	377	0,51	0,34	22700	156	–	<1	5	92	0,52
Седь-Ю-Седь-Ю	1962-2012	132	57	1,11	0,58	2410	163	–	<1	7	92	–
Ухта-Ухта	1934-2012	215	186	0,83	0,56	4290	176	–	<1	6	90	0,48
Айюва-Керки	1960-1987	158	158	0,59	0,38	1970	147	–	<1	7	92	0,46
Тобысь-Тобысь	1964-1987	63	63	1,43	1,07	780	177	15,3	<1	14	83	0,41

3.2 МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ

Весеннее половодье является основной фазой водного режима рек Северного края. В период половодья в среднем проходит от 40 до 60 % годового стока. Обычно, половодье на реках рассматриваемой территории проходит в виде одной резко выраженной волны стока, несколько осложненной дополнительными пиками на спаде, обусловленными возвратами холодов или дождевыми паводками (рис 3.2.1). При сильно растянутом из-за похолоданий снеготаяние или при выпадении обильных дождей на реках формируются половодья, гидрографы которых имеют сложные очертания (состоят из нескольких самостоятельных волн). В годы же с дружным снеготаянием формируется стройные однопиковые половодья, характеризующиеся большой интенсивностью подъема и спада (рис 3.2.2). Как правило, к ним относятся половодья с максимальными значениями расходов воды за весь период наблюдений.

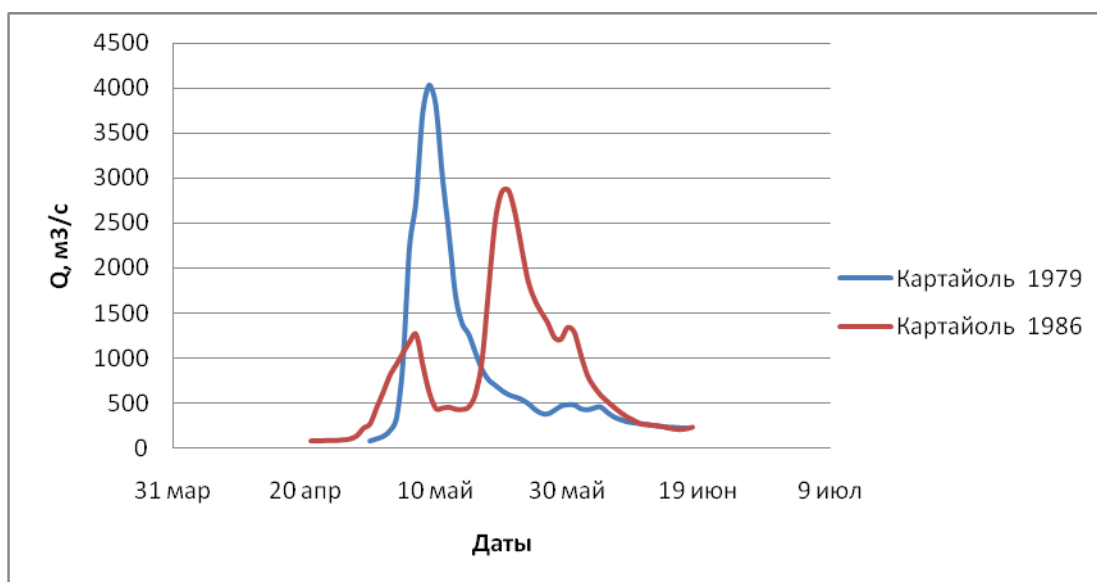


Рисунок 3.2.1. Гидрографы половодья р. Ижма-д.Картайоль

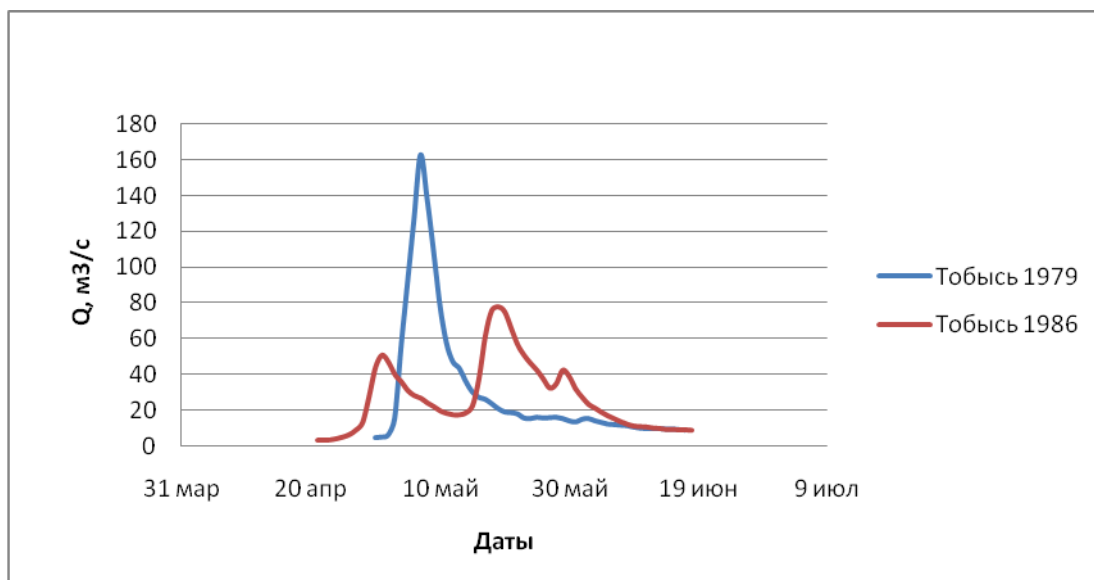


Рисунок 3.2.1. Гидрографы половодья р. Тобысь-д.Тобысь

В годы с ранней или поздней весной сроки половодья могут сдвигаться относительно средних на 20-30 дней. Максимум весеннего половодья обычно наступает в первой декаде мая. Средняя продолжительность половодья на малых и средних реках составляет, примерно, полтора – два месяца.

Заканчивается половодье на юго-западе 25.05 -5.06, в центральной части территории в основном 10-25.06. На больших реках и на реках с озерным регулированием половодье затягивается до середины июля. Наибольшие расходы воды за половодье являются одновременно и наибольшими за год.

Зависимость максимального стока от площади водосбора выражена на территории Северного края менее резко, нежели в более южных районах европейской территории России.

Основным фактором, определяющим величину и изменчивость весеннего стока, являются снегозапасы и их колебания от года к году. Помимо снегозапасов на величину весеннего половодья оказывают влияние атмосферные осадки, выпавшие в этот период. Слой атмосферных осадков за время половодья составляет обычно около 30 мм, достигая в отдельные годы 70 миллиметров, что составляет 20 – 45% от среднего слоя стока за половодье в исследуемом регионе.

Вследствие неравномерности снеготаяния, обуславливающей прохождение половодья в виде сложной многопиковой волны стока, а также из-за значительного участия в формировании весеннего половодья жидких осадков, влияющих на объем стока, но мало сказывающихся при этом на величине максимума половодья, связи максимума с объемом стока выражены недостаточно четко.

Величина грунтового стока, определенная по горизонтальной срезке, ориентированной на минимальный зимний расход, составляет пять-десять процентов от общего объема стока за половодье.

Потери стока, на водосборах, где основными подстилающими грунтами являются суглинистые почво-грунты, относительно невелики (60-70 мм), повышенные потери стока, например, в бассейне р. Вычегды, связаны с наличием песчаных и супесчаных почво-грунтов.

В результате анализа гидрографов весеннего половодья за весь период наблюдений было установлено, что наиболее ранние сроки начала весеннего половодья на реках исследуемого района наблюдаются в первых числах апреля, а наиболее поздние во второй декаде мая. Окончание половодья отмечается в конце второй – начале третьей декады мая (ранняя). При затяжных вёснах эти сроки сдвигаются на конец июня – вторую декаду июля. Средняя продолжительность половодья составляет от 43(на самой маленькой реке Тобысь) до 56 суток на реке Ижме (табл. 3.2.1)

Таблица 3.2.1– Сводная таблица по характеристикам весеннего половодья для бассейна реки Печора в районе города Ухта

Река, Пункт	Начало		Конец		Средняя продолжительность	Расход, м ³ /с	
	Ранняя	Поздняя	Ранняя	Поздняя	Сут.	Мин	Макс
Река Ижма, Усть-Ухта	04. апр	17.май	17.май	19.июл	56	672	3890
Река Ижма, Картайоль	03.апр	19.май	14.май	18.июл	55	811	4090
Река Седью, Седью	01.апр	11.май	23.май	30.июн	48	171	691
Река Айюва, Керки	01.апр	22.май	24.май	11.июл	44	176	499
Река Ухта, Ухта	02.апр	19.май	16.май	14.июл	51	172	957
Река Тобысь, Тобысь	01.апр	14.май	23.май	25.июн	43	54,5	180,0

3.3 ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В ходе исследований были рассмотрены и проанализированы данные наблюдений гидрометеорологической сети по рекам изучаемого региона. Для получения данных по характеристикам стока весеннего половодья были использованы: справочники «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши», «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши», том 1, вып. 9 по 2012 г включительно [1-8]. В результате анализа исходных данных, были определены сроки начала, окончания и продолжительности весеннего половодья, дата и величина максимального расхода и вычислен слой половодья и его доля в слое стока за год (Приложение I).

При определении слоя стока половодья срезка грунтовой составляющей не производилась, так как сток за зимний период составляет менее 3,0 % от его объема и не вносит существенный вклад в формирование весеннего половодья.

Исходные данные были проанализированы и проверены на однородность по критериям Стьюдента и Фишера.

В основе критерия Стьюдента лежит оценка гидрологического ряда по среднему значению. Поскольку дата возможного нарушения стока не известна, ряд данных разбивается пополам, после чего находится различие средних значений, которое должно быть статистически незначимым.

Критерий Фишера используется для проверки однородности гидрологического ряда по дисперсии. Для проверки гипотезы однородности сравнивается эмпирическое значение статистики Фишера F с табличным значением F_{α} . [А. В. Сикан]

Для проверки рядов на однородность принят уровень значимости равный 5%. Результаты проверки рядов на однородность приведены в таблице 3.1.1

Таблица 3.3.1: Значения критериев Стьюдента и Фишера

Река-Пункт	Расчетные периоды наблюдений		Критерий Стьюдента						Критерий Фишера					
			Расход		S/S _{та}	Слой		S/St _а	Расход		F/F _а	Слой		F/F _а
			Среднее за период, м ³ /с			Среднее за период, мм			Дисперсия за период, (м ³ /с) ²			Дисперсия за период, мм ²		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Ижма- с. Усть- Ухта	1933- 1972	1973- 2012	1824	1960	1,9/2	171	167	0,2/2	39730 2	411655	1,1/2	920	1650	1,9/2
Ижма- д.Картайоль	1934- 1971	1972- 2012	2414	2720	1,4/2	155	150	0,2/2	65742 5	752288	1,1/2	1481	816	1,7/2
Седью - пос. Седью	1934- 1972	1972- 2013	495	473	0,94/ 2	153	147	0,6/2	35082	24202	1,1/2	1665	1004	1,7/2
Ухта - г.Ухта	1934- 1973	1972- 2014	333	348	0,4/2	174	167	½	8927	10431	1,5/2	1895	1489	1,7/2
Айюва- ст. Керки	1933- 1972	1973- 2012	294	330	0,5/2	181	177	0,6/2	8639	7552	1,6/2	1828	1165	1,6/2
Тобысь- ст. Тобысь	1934- 1973	1972- 2014	93	97	0,7/2	150	147	0,4/2	583	614	1/2	1158	782	0,4/2

Исходя из результатов анализа, можно утверждать, что ряды статистически однородны. Это означает, что за рассматриваемый период (в среднем 70 лет) максимальные расходы и слои стока весеннего половодья по рекам исследуемого региона изменяется несущественно. Это позволяет использовать весь объем данных для дальнейших расчетов.

Сроки и продолжительность половодья

На реках изучаемого региона половодье является основной фазой водного режима. Слой стока за время половодья составляет до 70% от годового слоя стока. При анализе ежегодных наблюдений по гидрометеорологическим постам определялись сроки начала половодья – за дату начала половодья принималась дата резкого увеличения расхода воды в створе наблюдений. За конец половодья - дата уменьшения расхода воды до меженного значения. Продолжительность половодья определялась как разница этих двух дат.

Половодье на изучаемых реках района позднее – начинается во второй половине апреля. Даты начала половодья несколько отличаются по району, это объясняется различиями в направлении течения рек, а так же различием в подстилающей поверхности водосборов. На первую половину мая выпадает 50% дат начала половодий (рис 3.3.1).

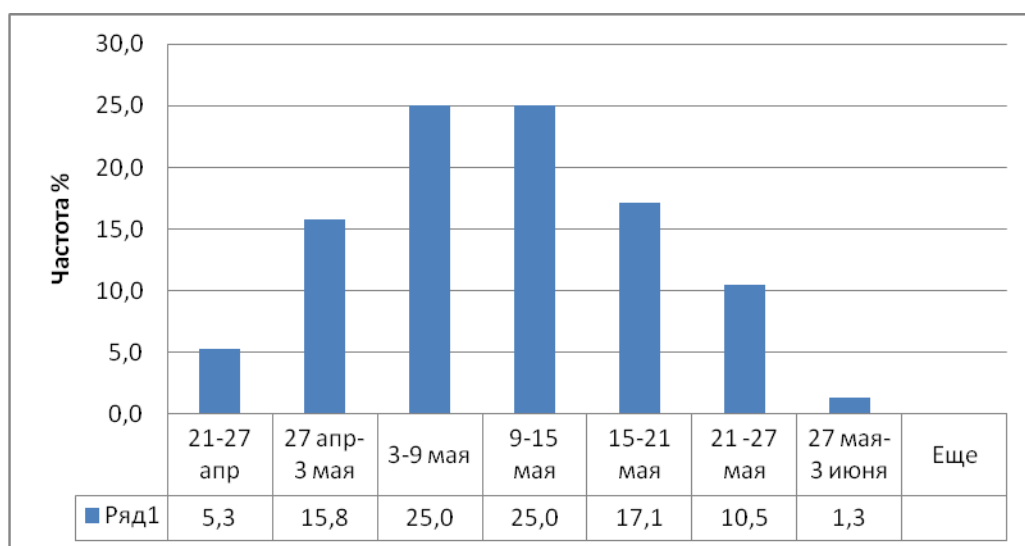


Рисунок 3.3.1: Гистограмма распределения дат начала весеннего половодья на реке Ухта

Окончание весеннего половодья наблюдается через 30-70 дней после его начала. На рис 3.3.2 представлен хронологический график осредненной продолжительности половодья для рек изучаемого района за весь период наблюдений. Из анализа графика видно, что с начала 80-х годов наблюдается уменьшение продолжительности весеннего половодья. Если до указанного времени продолжительность половодья достигала 80–90 дней, то теперь она составляет, в основном, менее 60 дней, что, очевидно, связано с изменением климата на ЕТР.

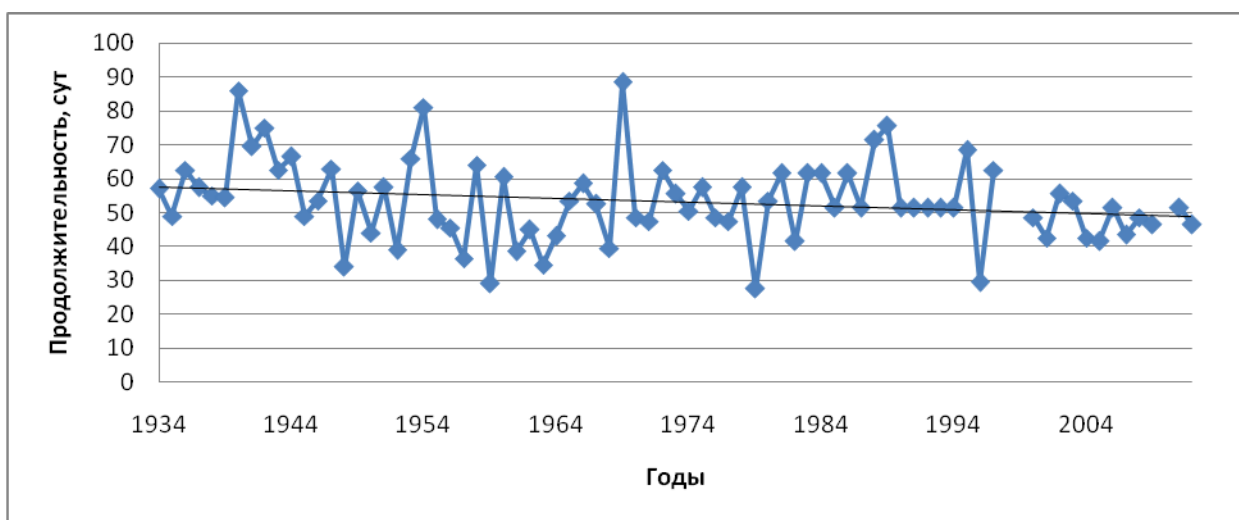


Рисунок 3.3.2 Хронологический график продолжительности весеннего половодья для рек изучаемого района

Продолжительность половодья на реках района в разные года различна и зависит от условий конкретной весны: с возвращением холодов и прекращением снеготаяния – половодья имеют значительную протяженность. В дружные весны гидрографы, в основном, однопиковые и в этом случае наблюдаются наибольшие значения расходов воды.. Исходя из анализа графиков сумм осадков за холодный период, и продолжительности весеннего половодья, можно сделать вывод, что максимальные расходы, за последние 30 лет, увеличиваются.

Максимальные расходы весеннего половодья.

Максимальный расход является одной из основных характеристик весеннего половодья.

Данные по расходам воды помещаются в справочники МДС и гидрологические ежегодники.

В изучаемом регионе протекают реки с различными площадями водосборов, что обуславливают широкий диапазон изменения расходов воды. Максимальный расход изменяется от нескольких десятков кубических метров в секунду (р. Тобысь) до нескольких тысяч (р. Ижма). Значения расходов воды увеличиваются постепенно, максимальные его значения отмечаются, в среднем, на 18 сутки после начала половодья. Например, на реке Ухта наиболее интенсивный рост расходов воды за период подъема весеннего половодья – 4 дня (1970 год).

Ниже представлен график распределения дат наступления максимального расхода воды (данные по р. Ухте- г. Ухта).

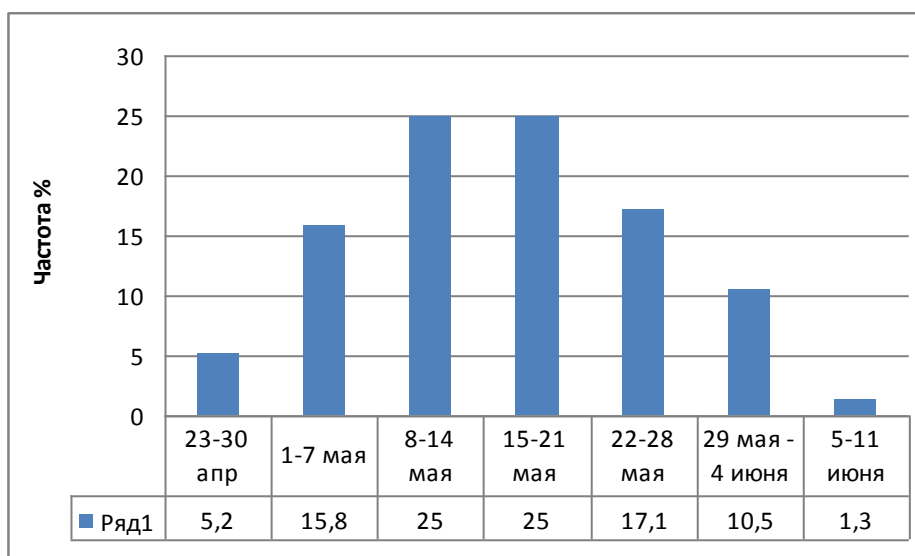


Рисунок 3.3.3: Гистограмма распределения дат наступления максимальных расходов воды на реке Ухта

Данное распределение близко к нормальному. По представленному распределению можно судить, что максимальный расход в продолжение весеннего половодья наиболее часто приходится на середину мая – 50% случаев. Естественно, что на малых реках даты максимумов расхода могут смещаться на более ранние, но реки данного гидрологического района, в целом, имеют сходное распределение.

Анализ хронологических графиков хода максимальных расходов весеннего половодья (рис. 3.3.4, 3.3.5), как для самой крупной из рассматриваемых рек – р. Ижма – д. Картайоль, так и для реки с самой маленькой площадью водосбора – р. Тобысь – ст. Тобысь показывает некоторую тенденцию роста этих величин в последние годы наблюдений. Такая тенденция обусловлена ростом количества осадков за холодный период, увеличением температуры воздуха в период снеготаяния и, соответственно, более интенсивным процессом прохождения весеннего половодья.

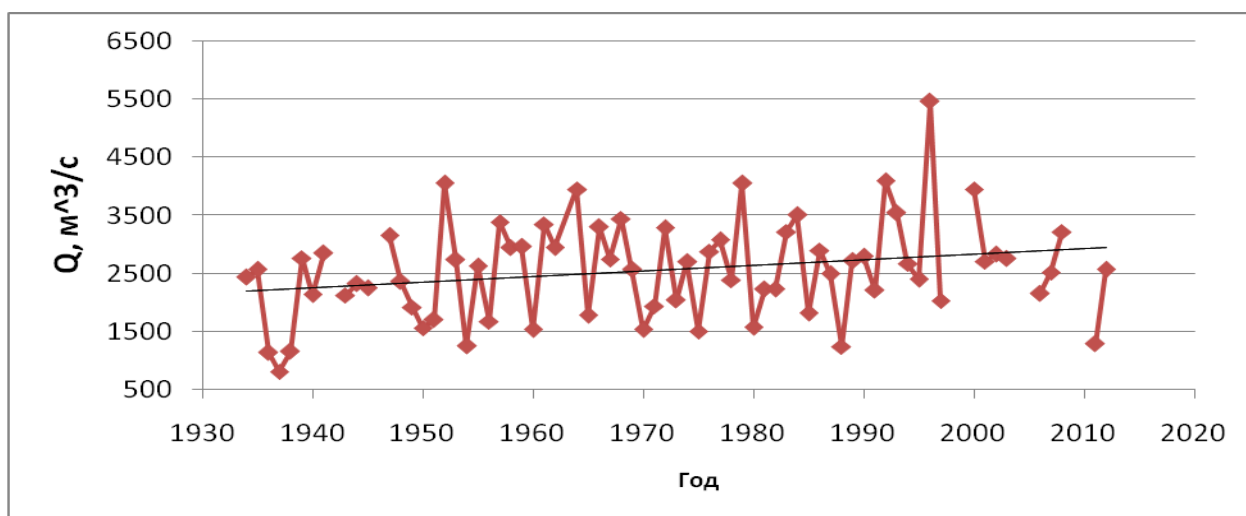


Рисунок 3.3.4: Хронологический график хода максимального расхода воды на р. Ижме – д. Картайоль

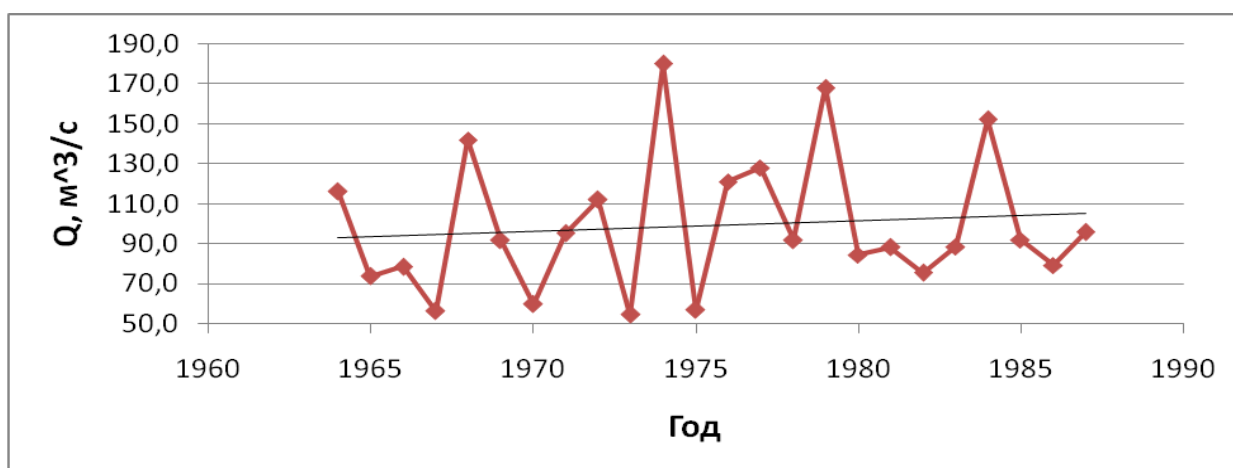


Рисунок 3.3.5: Хронологический график хода максимального расхода воды на р. Тобысь – ст. Тобысь

Максимальное значение расходов воды весеннего половодья для реки Ижмы - д. Картайоль изменяются от 5460 м³/с (1996 год) до 811м³/с (1937 год). Средний расход составляет 2500 м³/с.

Для реки Тобысь-ст. Тобысь, соответственно, от 180 м³/с (1974 год) до 54,5 м³/с. (1973 год), средний расход – 99 м³/с.

Рассчитанные значения модулей максимального стока для рек изучаемого региона представлены в таблице 3.3.2.

Таблица 3.3.2 Среднее многолетнее значений модулей стока

Река-пункт	F, км ²	Q, м ³ /сек	M, л/сек км ²
Ижма – Усть Ухта	15000	1967	130
Ижма - д.Картайоль	22700	2562	112
Седью - пос.Седью	2410	341	142
Ухта - г. Ухта	4290	486	112
Айюва - ст.Керки	1970	312	157
Тобысь - ст. Тобысь	780	96	185

Как и для рек севера ЕТР прослеживается зависимость модулей стока от площадей водосбора с коэффициентом редукции равным 0,17.

Слой стока весеннего половодья

Слой стока это важнейшая гидрологическая характеристика весеннего половодья и всего водного режима в целом. Слой стока представляет собой количество воды, стекающее с водосбора за какой либо интервал времени, равное толщине слоя, равномерно распределенного по площади этого водосбора. [ГОСТ 19179 73].

Слой стока за период весеннего половодья в бассейне реки Ижмы изменяется по территории от 150 до 210 мм. Широтная изменчивость слоя

весеннего половодья выражена четко. Слой стока уменьшается с юга на север это связано с изменением средних высот водосборов и густоты речной сети. Для района исследований была построена карта среднего многолетнего слоя стока за период весеннего половодья, представленная на рисунке 3.3.4

В таблице 3.1.2 приведены значения слоев стока весеннего половодья исследуемых рек.

Таблица 3.3.3 – основные характеристики слоя весеннего половодья

Река-Пост	Длина ряда	Слой стока за период весеннего половодья, мм		
		Мин	макс	Среднее
Ижма – Усть Ухта	77	101	245	169
Ижма - д.Картайоль	70	80	249	153
Седью - пос.Седью	48	69	329	168
Ухта - г. Ухта	76	67	239	151
Айюва - ст.Керки	28	113	245	175
Тобысь – ст. Тобысь	24	100	209	144

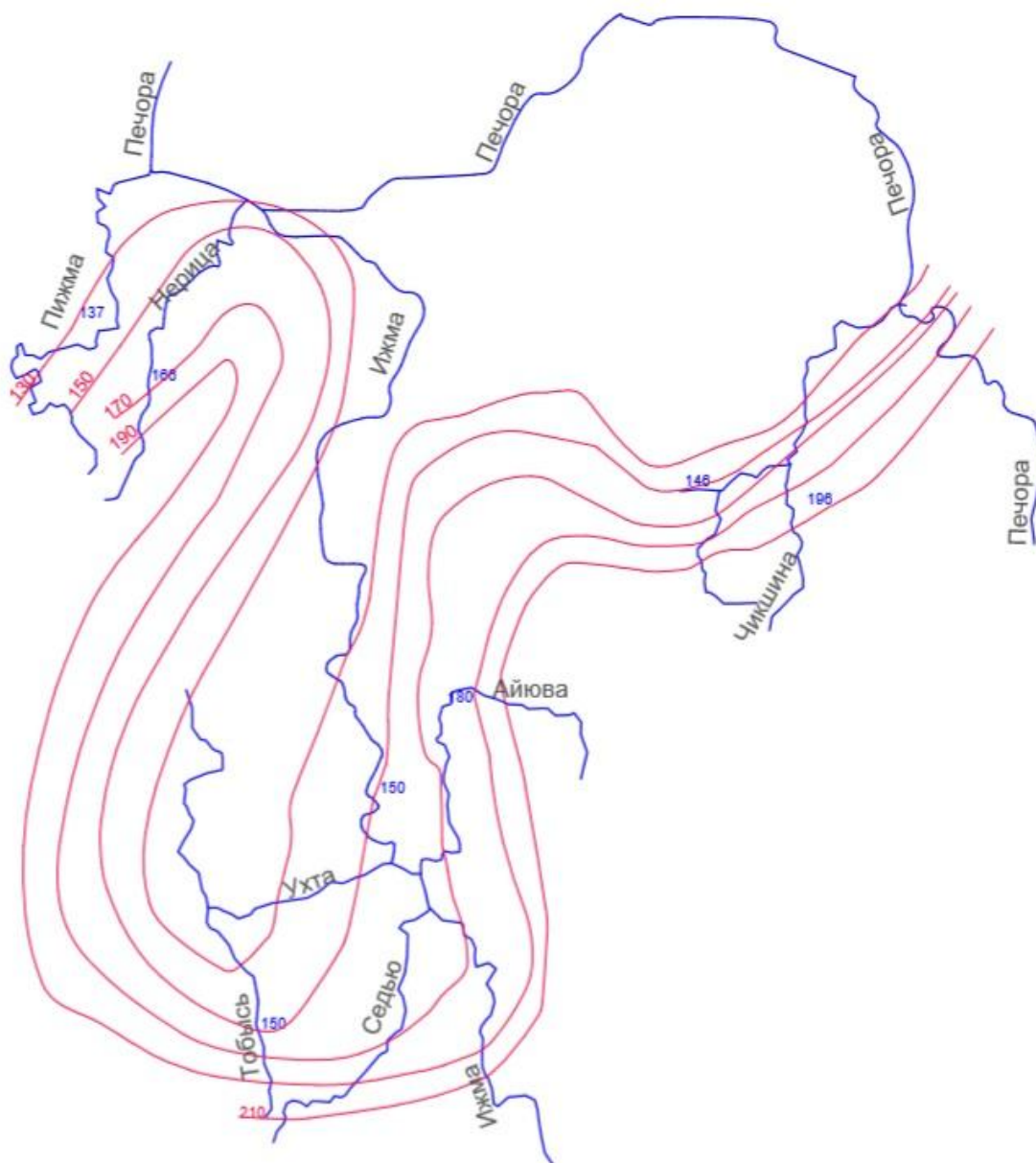


Рисунок 3.3.6 – Карта стока

Остановимся подробнее на изменении слоев стока в многолетнем разрезе на следующих реках данного района.

Анализ графика хронологического хода значений слоя стока реки Ижмы – д. Картайоль (замыкающий створ) показывает отсутствие выраженного тренда (рис. 3.3.1).

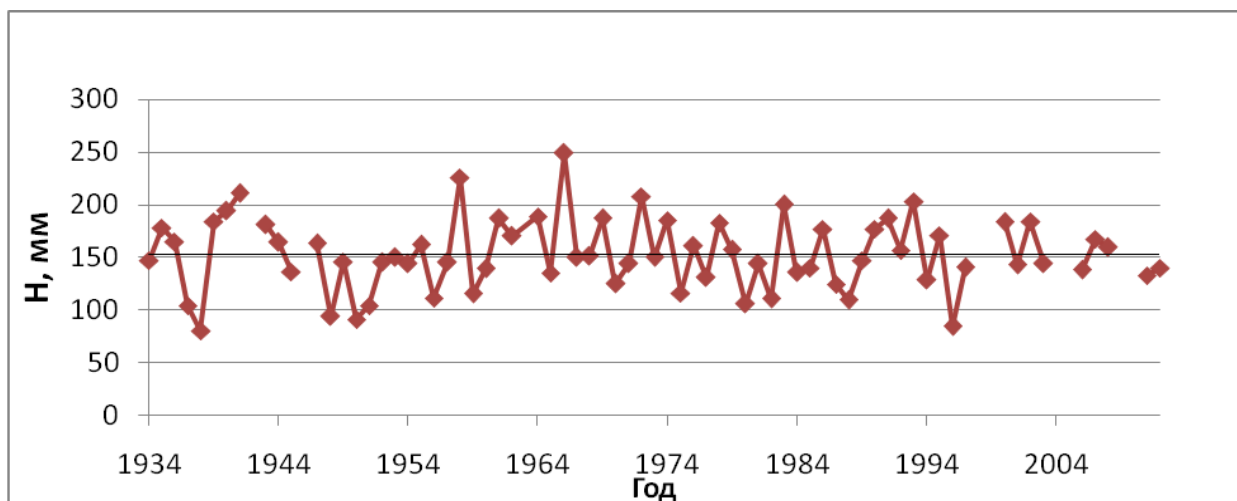


Рисунок 3.3.7– Слой стока за период весеннего половодья на р. Ижме- д. Картайоль.

При этом минимальное значение составляет 80 мм (1938 год), максимальное 250 мм (1966 год), таким образом, амплитуда равна 170 мм.

Аналогичный ход слоя стока наблюдается и в створе с. Усть-Ухта – (рис 3.3.1) .

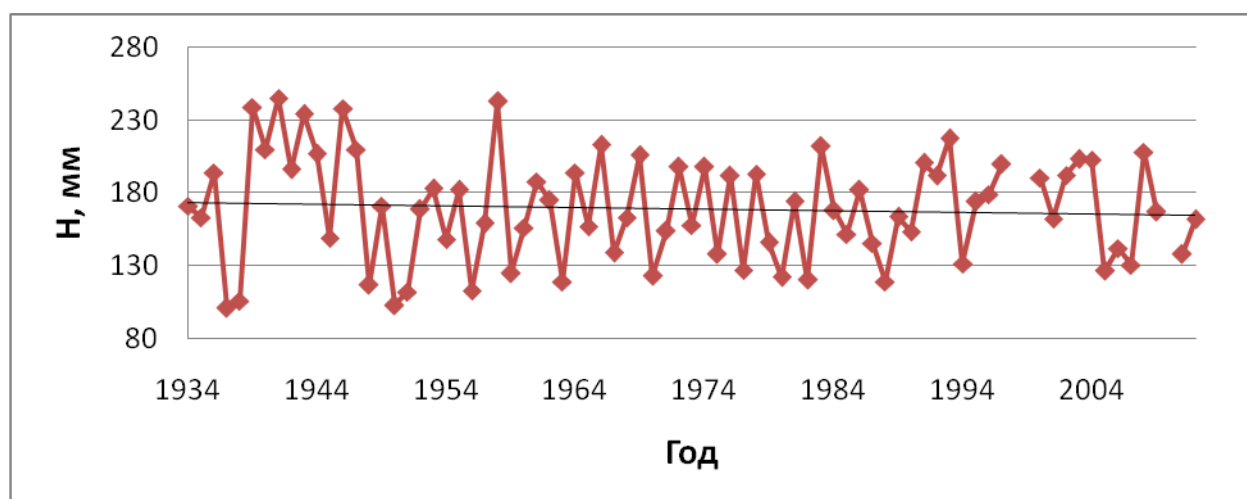


Рисунок 3.3.8– Слой стока за период весеннего половодья на р. Ижме- ст. Усть-Ухта

Однако все же есть небольшой тренд к снижению значения слоев стока. Среднее значение составило 170 мм, что несколько больше, чем на пункте в д. Картайоль.

Малые реки обладают схожим характером изменения слоев стока. Так, на реке Тобысь – ст. Тобысь среднее многолетнее значение слоя стока на 1987 год составило 146 мм. Тренд на хронологическом графике незначимый (рис 3.3.3).

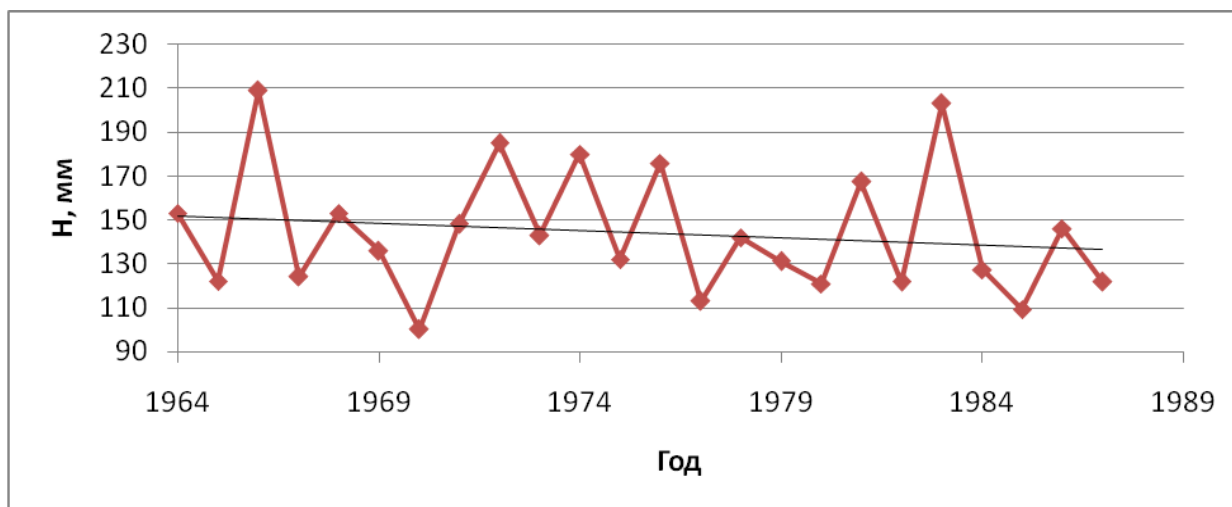


Рисунок 3.3.9– Слой стока за период весеннего половодья на р. Тобысь- ст. Тобысь

Пост на реке Тобысь был закрыт в 1987 году. Для дальнейших расчетов данные по реке Тобысь будут приведены к многолетнему ряду наблюдений методом гидрологической аналогии

Исходя из выше сказанного, можно утверждать, что слой стока за период весеннего в районе исследований мало меняется и составляет по району в среднем 160 мм.

Приведение рядов максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья к многолетнему периоду.

Реки Седью, Айюва и Тобысь имеют недостаточно продолжительные ряды наблюдений. Используя метод гидрологической аналогии, по рекам аналогам следует продлить имеющиеся ряды.

Суть метода заключается в приведение короткого ряда к наиболее длинному. Для этого для данной реки подбирается одна или несколько рек - аналогов и строятся уравнения линейной или множественной регрессии. При этом суммарный коэффициент корреляции должен быть больше 0,7.

При подборе рек аналогов учитывается следующее:

- однородность формирования расходов воды т.е. сравниваемые реки должны находиться в одном природном районе, имеющем, прежде всего, одинаковые климатические условия;
- речные бассейны должны иметь близкие снеготпасы или сходные характеристики дождей;
- практически одинаковые рельеф, почво-грунты, озерность, заболоченность и залесенность [А. М. Владимиров].

Аналогами данных рек стали для р.Седью – р.Ухта; р. Айюва – р. Ижма (ст. Усть Ухта); р.Тобысь – р.Ухта. Коэффициенты парной корреляции за совместный период наблюдений между ними составили от 0,7 до 0,89 табл. 3.3.4

Таблица 3.3.4– Таблица коэффициентов корреляции и уравнения регрессии

Расчетная река	Река аналог	Коэффициент корреляции		Уравнения регрессии	
		Q, м ³ /с	H, мм	Q, м ³ /с	H, мм
Седью-пос. Каратйоль	Ухта-г. Ухта	0,88	0,72	$y=0,12x+36,2$	$y=0,81x+26,0$
Айюва-ст. Керки	Ижма-ст. Усть-Ухта	0,74	0,86	$y=0,13x+53,9$	$y=0,98x+14,3$
Тобысь – ст. Тобысь	Ухта - г. Ухта	0,89	0,82	$y=0,51x+94,9$	$y=1,0x +17,3$

По уравнению линейной регрессии ряды были приведены к более длинным рядам. На примере реки Тобысь показаны методика и результаты приведения короткого ряда к многолетнему.

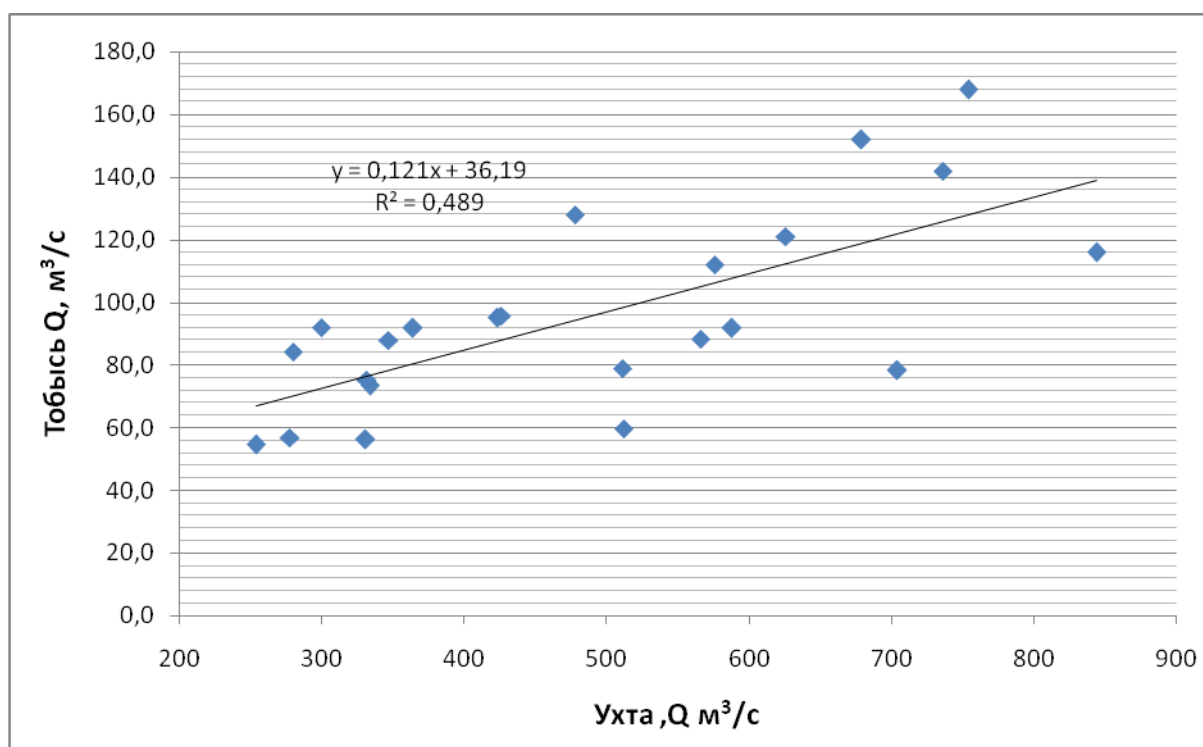


Рисунок 3.3.10. – График парной корреляционной функции для срочного расхода рек Тобьсь и Ухта.

Коэффициент корреляции составил 0,7. Данный уровень связи стоит признать значимым. Расчеты по уравнению регрессии были проверены на независимом материале за 1982-88 год, результаты приведены на рисунке 3.3.11.

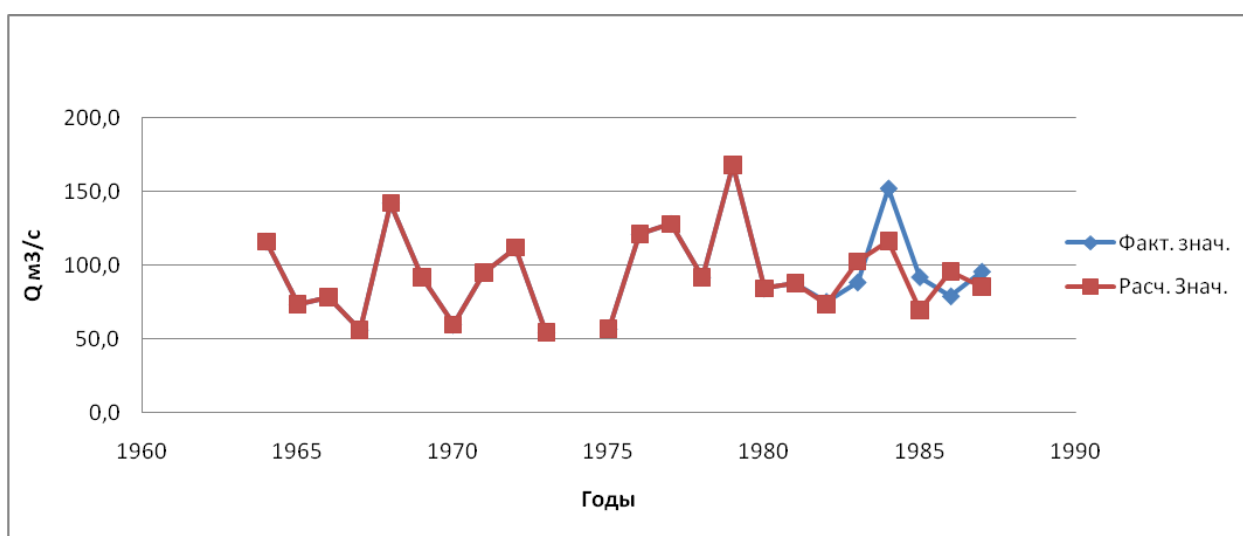


Рисунок 3.3.11 – График срочных расходов воды за совмещенный период

Из графика видно, что рассчитанные расходы воды не сильно отличаются от наблюдаемых (средняя погрешность составила 16%), что позволяет продлить ряды при помощи уравнения регрессии до 2012 года. Ниже приведен хронологический график хода расхода для реки Тобысь.

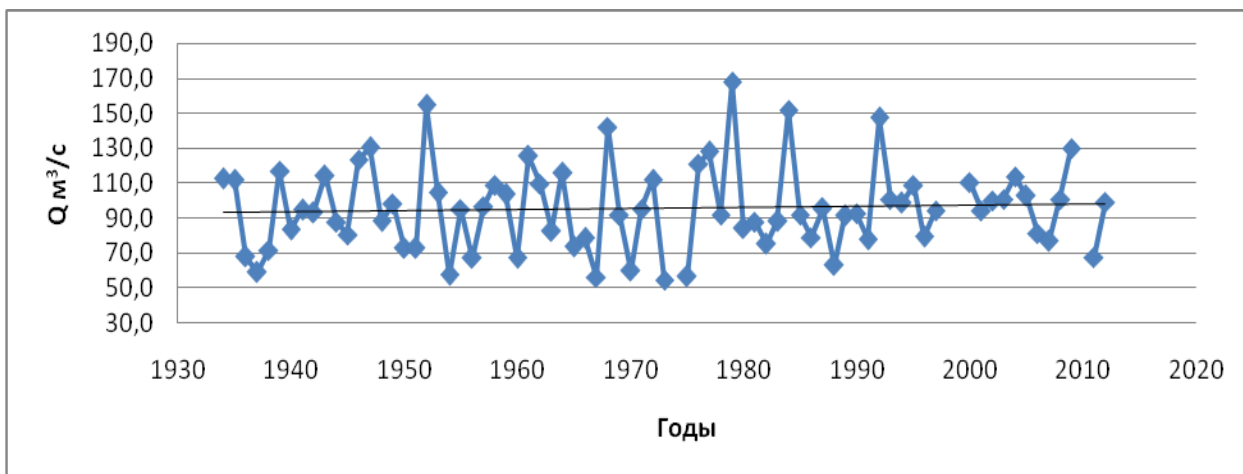


Рисунок 3.3.12 – Восстановленный хронологический график хода максимального расхода воды на р. Тобысь

Для слоя соответственно имеем:

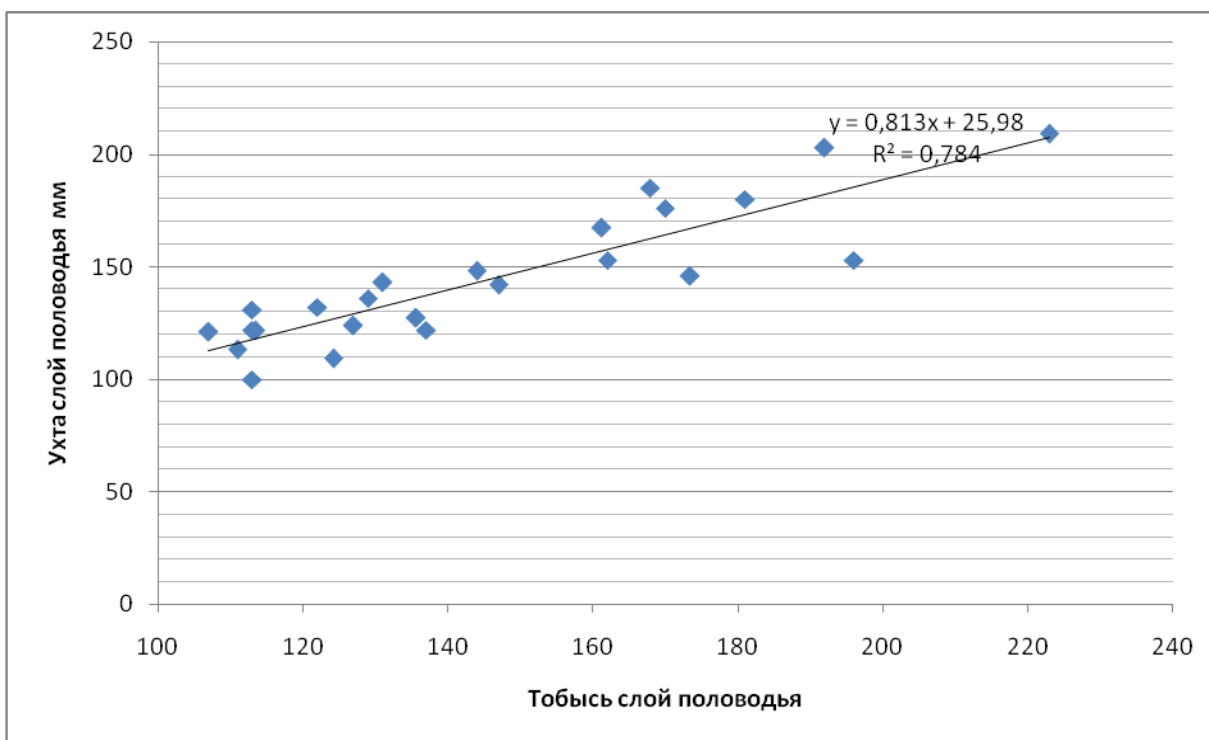


Рисунок 3.3.13 – График парной корреляционной функции для слоя весеннего половодья рек Тобысь и Ухта

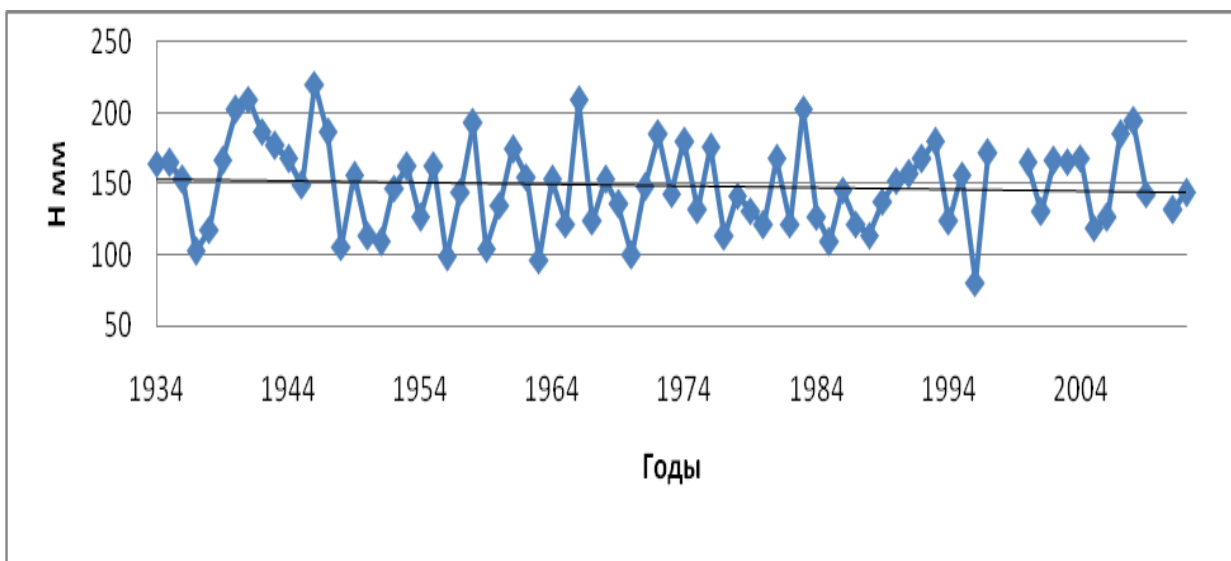


Рисунок 3.3.14 – Восстановленный хронологический график хода слоя весеннего половодья

Приведение коротких рядов к многолетнему периоду выполнены также для рек Айюва- ст Керки и Седью- пос. Картайоль. Результаты расчетов помещены в приложении 2.

Статистические характеристики

По исходным данным и приведенным к многолетнему периоду значениям расходов воды и слоев стока весеннего половодья были построены эмпирические кривые обеспеченности и рассчитаны их статистические характеристики. Результаты расчетов помещены в таблицу 3.3.5.

Были рассчитаны следующие статистические характеристики: среднее значение; коэффициенты вариации и асимметрии и обеспеченные величины максимальных расходов и слоев стока.

Коэффициент вариации случайной величины— мера относительного разброса случайной величины; показывает, какую долю среднего значения этой величины составляет её средний разброс.

Коэффициент асимметрии характеризует асимметрию распределения случайной величины.

Таблица 3.3.5 – Статистические характеристики рек изучаемого региона

Река-пункт	Длина ряда, лет		Статистические характеристики							
	Q	Н	Среднее значение		Cv		Cs		Cs/Cv	
			Q, м ³ /с	Н, мм	Q, м ³ /с	Н, мм	Q, м ³ /с	Н, мм	Q, м ³ /с	Н, мм
Ижма – Усть Ухта	77	78	1967	169	0,33	0,211	0,53	0,052	1,6	0,2
Ижма - д.Картайоль	71	71	2561	153	0,325	0,219	0,485	0,19	1,5	0,9
Седью - пос.Седью	76	76	341	170	0,29	0,24	0,73	0,17	2,5	0,7
Ухта - г. Ухта	77	77	486	151	0,35	0,241	0,39	0,13	1,1	0,5
Айюва - ст.Керки	77	77	312	179	0,29	0,21	0,4	0,06	1,4	0,3
Тобысь - ст. Тобысь	75	76	95,8	148,7	0,3	0,2	0,6	0,1	2,0	0,5

Были определены погрешности статистических характеристик и установлено, что они не превышают допустимых значений. Это позволяет использовать статистические характеристики при построении аналитических кривых обеспеченностей.

3.4 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА РЕКИ РАЙОНА

Анализ характеристик весеннего половодья по данным наблюдений гидрометеорологической сети и хронологических графиков этих характеристик показал, что в связи с изменением климата, произошедшим в последние тридцать лет, изменилось внутригодовое распределение стока. А именно уменьшилась доля весеннего стока в годовом (рис.3.4.1). При этом строки начала весеннего половодья сдвигаются на более ранние, а продолжительность половодья, в целом, сокращается. Эти изменения вызваны ростом среднегодовой температуры воздуха, а также температуры воздуха весеннего периода (рис. 1.4.1; 3.4.3). На графике среднегодовой температуры воздуха в городе Сыктывкаре за более чем столетний период отчетливо видно, что наибольшие изменения происходят, начиная с 1980 года (рис.3.4.3).

Слои весеннего половодья по району изменяются незначительно (рис 3.3.7). Изменения внутригодового распределения стока связаны не только с увеличением жидких осадков (рис 3.4.2), но и, скорее всего, с увеличением зимнего меженного стока. Последние обусловлено уменьшением периода с отрицательными температурами воздуха, а, следовательно, с меньшей глубиной промерзания почвы, с более поздними сроками промерзания и более ранними сроками оттаивания. Это увеличивает поверхностный и подземный сток в гидрографическую сеть.

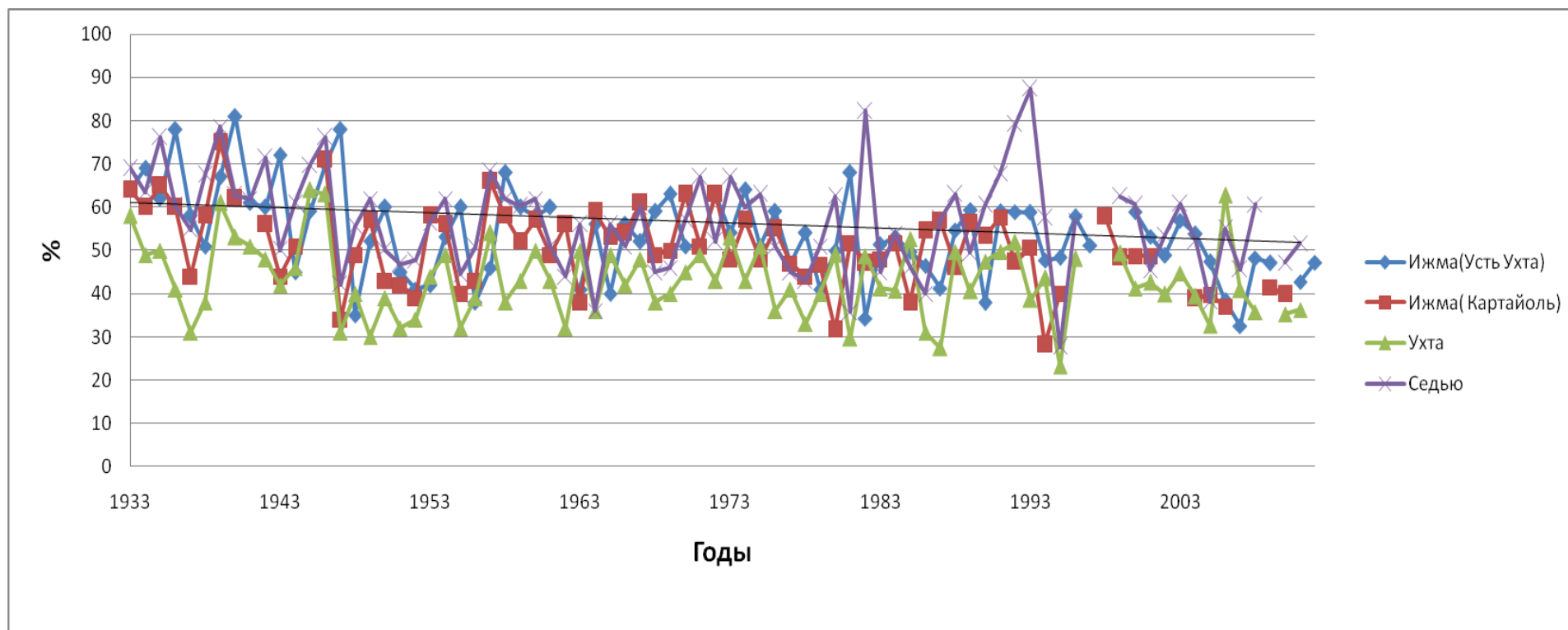


Рисунок 3.4.1– Сток половодья в процентах от годового для группы рек в районе города Ухта

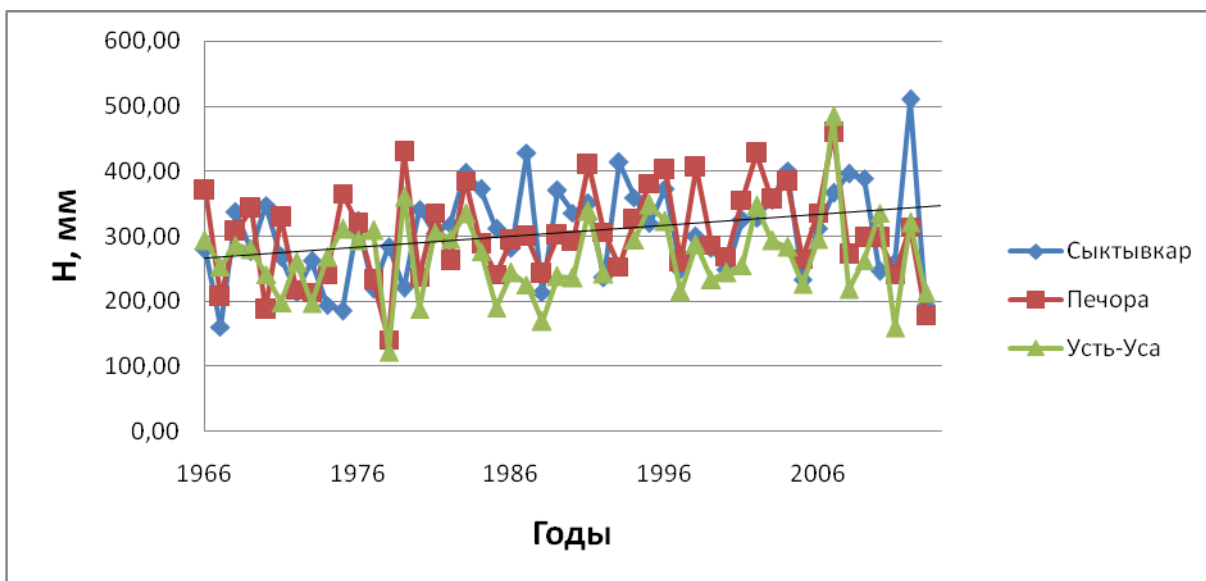


Рисунок 3.4.2 Хронологический график изменения суммы жидких осадков (май-сентябрь)

На данном графике по всем постам отчетливо видна тенденция к повышению летней суммы осадков, что подтверждает гипотезу о перераспределении стока внутри года.

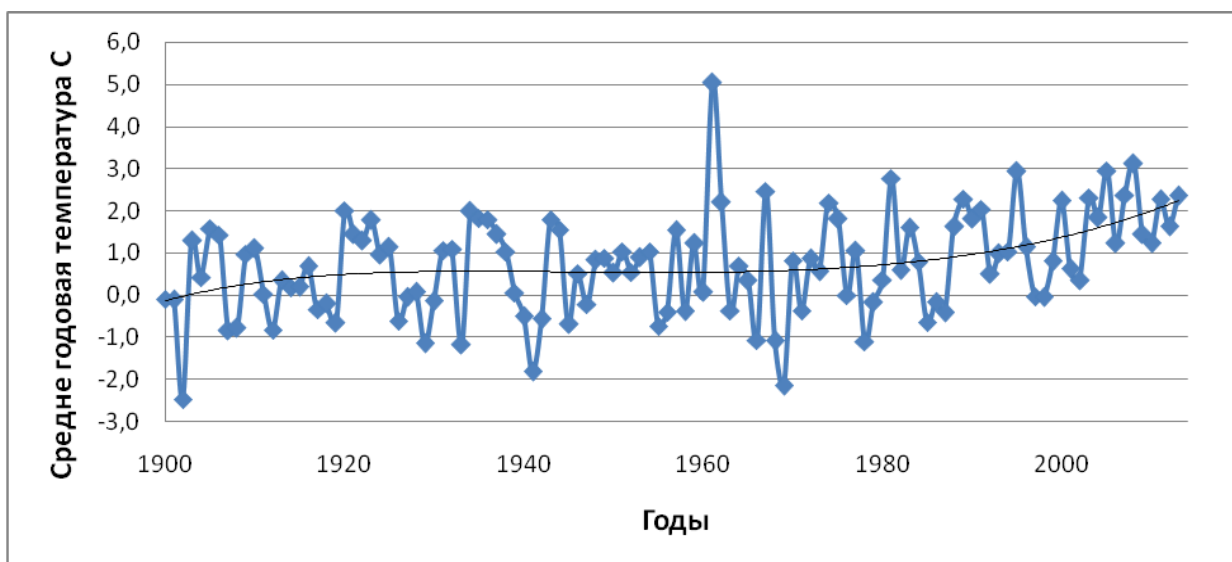


Рисунок 3.4.3–Хронологический график для среднегодовой температуры в городе Сыктывкаре

Таким образом, климатические изменения, выражающиеся в изменении температуры воздуха и осадков, подтверждают гипотезу о перераспределении стока внутри года.

3.5 РАСЧЕТ ОБЕСПЕЧЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ РАСХОДОВ ВОДЫ И СЛОЕВ СТОКА ЗА ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В РАЙОНЕ ГОРОДА УХТА

По многолетним рядам наблюдений за стоком весеннего половодья по всем рекам изучаемого района, были рассчитаны значения обеспеченных величин расходов и слоев стока. Расчеты были выполнены по двум вариантам.

Первый вариант

Для определения ординат кривой Крицкого-Менкеля надо знать C_s/C_v , C_v и среднее многолетнее значение искомой величины.

Распределение Крицкого-Менкеля является трехпараметрическим гамма распределением. Основывается данное распределение на распределении Пирсона третьего типа и при $C_s=2C_v$ соответствует ему.

Действующие в настоящее время в России нормативные документы рекомендуют кривую Крицкого-Менкеля в качестве стандартной кривой при проведении гидрологических расчетов. Выделим особенности данной кривой:

1. Кривая плотности вероятности является одномодальной с положительной асимметрией.
2. Нижним пределом кривой всегда является нуль.
3. Кривая Крицкого-Менкеля не ограничена верхним пределом.
4. При $C_s=2C_v$ кривая превращается в двухпараметрическое Г-распределение, т.е. совпадает с кривой Пирсона III типа. [11]

Ниже приведена таблица обеспеченных расходов воды и слоев стока весеннего половодья.

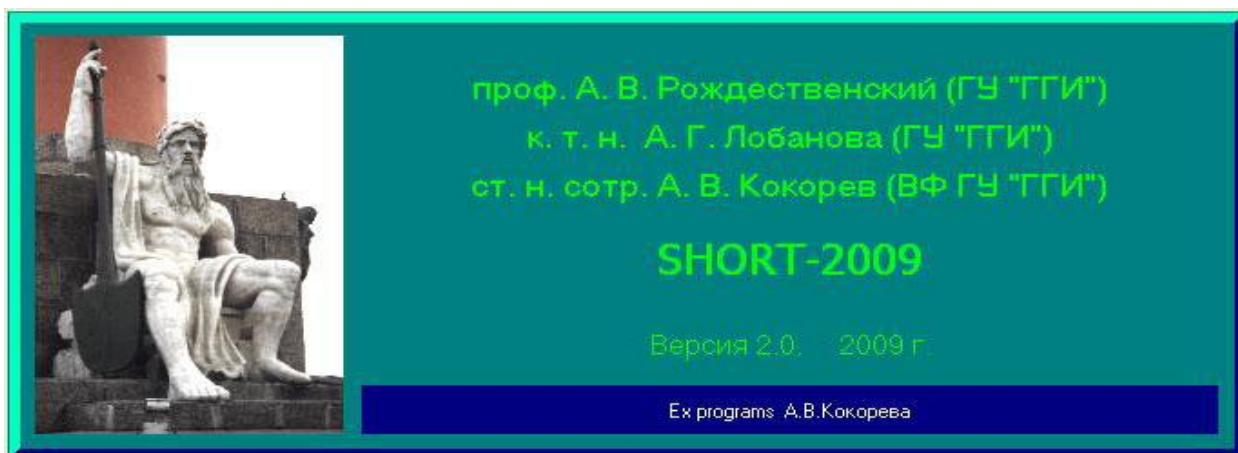
Таблица 3.5.1 Обеспеченные значения расходов и слоев стока весеннего половодья (вар.1).

Р%	Ижма - с Усть Ухта		Ижма-д.Картайоль		Седью - Седью		Ухта - Ухта		Айюва - ст. Керки		Тобысь - Тобысь	
	Q, м³/с	Н, м	Q, м³/с	Н,мм	Q, м³/с	Н, мм	Q, м³/с	Н, мм	Q, м³/с	Н, мм	Q, м³/с	Н,мм
0,01	4957	297	6456	277	965	308	1312	264	787	316	242	269
0,1	4308	275	5611	256	801	284	1166	245	684	292	210	248
0,3	3973	264	5175	243	723	270	1084	234	631	280	194	236
0,5	3816	259	4970	237	692	264	1045	230	606	274	186	230
1	3580	250	4663	228	648	253	987	222	568	265	175	222
3	3226	233	4202	213	566	236	885	207	512	247	157	207
5	3029	225	3945	205	529	228	826	200	481	238	148	199
10	2754	213	3587	193	477	214	748	189	437	226	134	187
20	2439	198	3177	179	419	199	651	176	387	210	119	174
25	2321	191	3023	173	399	192	612	170	368	203	113	168
Ср. знач.	1967	169	2562	153	341	170	486	150	312,2	179,3	96	149

Расчеты выполнены для обеспеченностей от 0,01 до 25%.

Второй вариант

Второй вариант расчета выполнялся с использованием программных средств автоматизации гидрологических расчетов для изученных и недостаточно изученных бассейнов **HydroStatCalc – 2010**, разработанной ФБГУ «ГГИ» проф. А. В. Рождественским к. т. н. А. Г. Лобановой (ГУ «Государственный гидрологический институт») А. В. Кокорев (Валдайский филиал ГУ «ГГИ»), предоставленной руководителем квалификационной работы.



Ниже приведена кривая обеспеченности Крицкого-Менкеля и таблица обеспеченных значений расходов и слоев стока, полученных в программе **HydroStatCalc**. Кривая обеспеченности приводится для реки Ижмы – д. Картайоль (замыкающий створ); остальные кривые обеспеченности помещены в приложение 3.

Таблица 3.5.2 Обеспеченные значения расходов и слоев стока весеннего половодья (вар. 2).

Р%	Ижма - с. Усть Ухта		Ижма-д.Картайоль		Седью -Седью		Ухта - Ухта		Айюва - ст. Керки		Тобысь - Тобысь	
	Q, м ³ /с	Н, м	Q, м ³ /с	Н,мм	Q, м ³ /с	Н, мм	Q, м ³ /с	Н, мм	Q, м ³ /с	Н, мм	Q, м ³ /с	Н,мм
0,01	5130	302	6495	287	878	332	1236	288	718	317	225	267
0,1	4471	280	5714	264	751	304	1096	266	640	294	195	248
0,5	3969	263	5114	245	661	281	987	247	579	277	174	231
1	3720	255	4803	235	619	270	936	238	547	268	164	223
5	3,122	229	4058	210	519	240	786	212	471	243	140	200
10	2826	216	3689	197	471	224	715	198	432	229	128	189
20	2482	200	3252	181	416	205	628	182	387	212	115	175
25	2356	194	3092	175	399	197	596	175	370	206	111	169
Ср. знач.	1967	169	2562	153	341	170	486	150	312,2	179,3	96	149

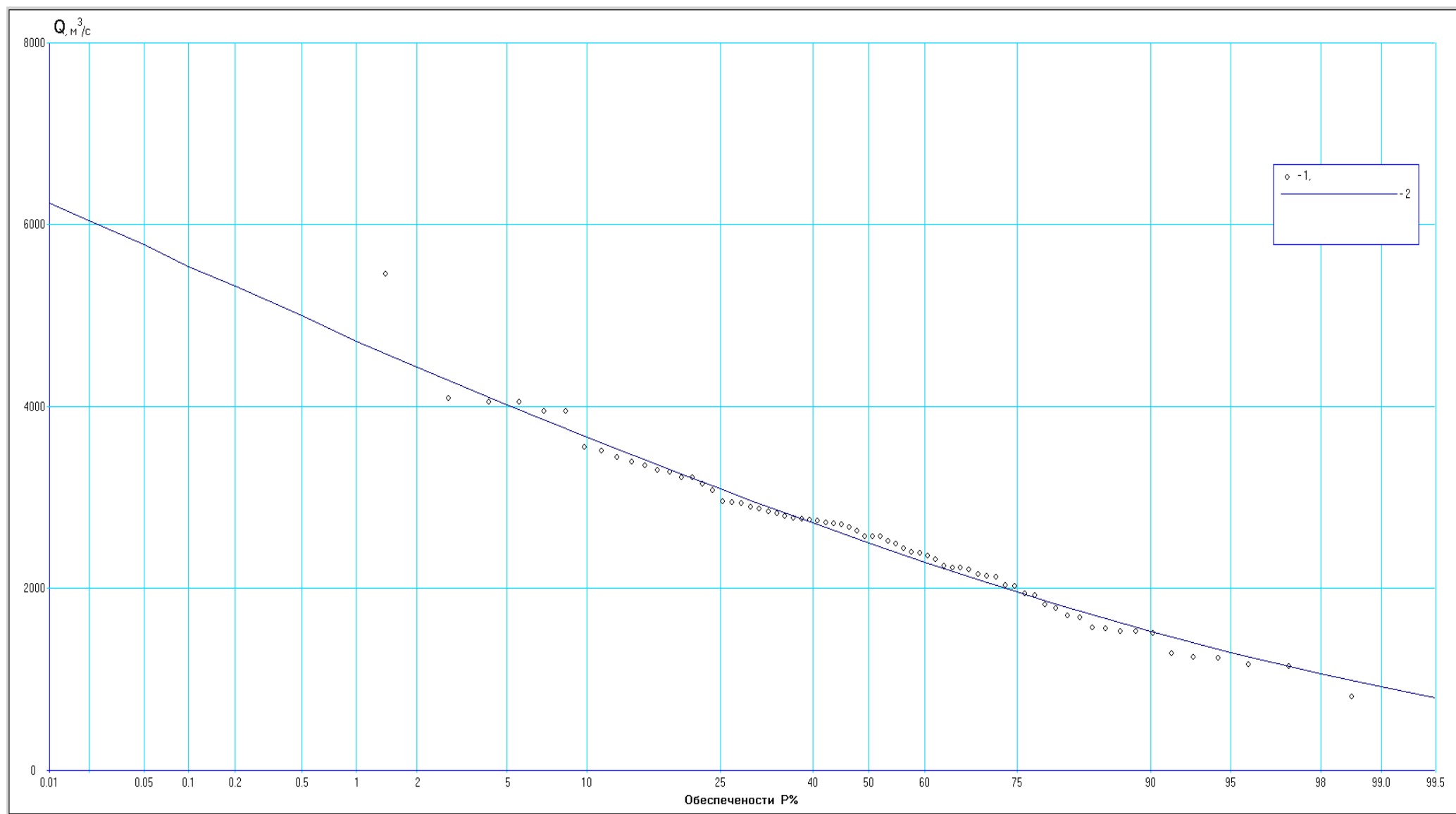


Рисунок 3.5.1 – Кривая обеспеченности Крицкого-Менкеля для р. Ижмы - д. Картайоль

Далее были выполнены расчеты обеспеченных значений расходов воды для неизученных рек: Чибыю – г Ухта и Нившера – г. Троицк.

Таблица 3.5.2: Гидрографические характеристики исследуемых рек

Река -створ	L, км	F, км ²	f _{оз} , %
Чибыю - г.Ухта	1,2	132	<1
Нившера - г. Троицк	21	4040	<1

Расчеты были выполнены по методике, изложенной в СП 33-101-2003[13].

В основе методики лежит редукционной формула вида:

$$Q_{p\%} = K_0 * h_{p\%} * \mu_{p\%} * \delta * \delta_1 * \delta_2 * A / (A + A_1)^n, \quad (1)$$

где:

K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья; рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы (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_v/C_v , а также среднего многолетнего слоя стока h_0 ;

μ – 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) и заболоченности речных водосборов (δ_2) на максимальные расходы воды;

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

A_1 – дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км²;

n - показатель степени редукции, равный для данного района 0,17.

Значения h_p и K_0 предлагается снимать с карты изолиний, где они имеют обобщенный характер, исходя из этого данные характеристики были определены с привлечением данных, полученных для рек аналогов: для реки Чибыю это река Тобысь, для Нившеры река Ухта. При этом были учтены соотношения площадей расчетных рек и рек-аналогов, а также физико-географические характеристики их водосбора (средняя высота, заболоченность, залесенность, озерность).

Параметр K_0 был определен по данным рек аналогов обратным пересчетом из формулы (1) – его районное значение составило 0,0043.

$h_{p\%}$ – был рассчитан по данным рек аналогов

Коэффициент μ был рассчитан с учетом последних лет наблюдений по формуле:

$$\mu_{p\%} = \frac{q_{p\%} * h_{1\%}}{q_{1\%} * h_{p\%}}, \quad (2)$$

δ , δ_1 , δ_2 – ни один из этих коэффициентов не учитывается.

$$A_1 = 1$$

После некоторых упрощений имеем формулу вида:.

$$Q_{p\%} = K_0 * h_{p\%} * \mu_{p\%} * \delta * A / (A + A_1)^n, \quad (3)$$

Результаты расчетов, выполненных по данной формуле, представлены в таблице 4.1.

Таблица 3.5.2– Обеспеченные расходы воды.

P, %	Нившера- г. Троицк F=4400 км ²			Чибыю-г. Ухта F=132 км ²		
	$\mu_{p\%}$	$h_{p\%}$	$Q_{p\%}$	$\mu_{p\%}$	$h_{p\%}$	$Q_{p\%}$
0,01	1,15	264	1402	1,15	269	76,2
0,1	1,08	245	1216	1,08	248	66,1
0,3	1,05	234	1118	1,05	236	60,8
0,5	1,03	230	1071	1,03	230	58,2
1	1,00	222	1004	1,00	222	54,5
3	0,97	207	904	0,97	207	49,1
5	0,94	200	849	0,94	199	46,1
10	0,91	189	775	0,91	187	41,8
20	0,86	176	686	0,86	174	37,0
25	0,85	170	653	0,85	168	35,2

Обеспеченные значения величин, рассчитанные по методике СП 33-101-2003, хорошо соответствуют обеспеченным величинам, полученным по многолетним рядам наблюдений.

Результаты выполненных расчетов будут использоваться при разработке в ФБГУ «ГГИ» проекта газопровода Ухта-Ярославль для участка в районе города Ухта.

Заключение

В данной квалификационной работе были рассмотрены вопросы формирования весеннего половодья на реках севера ЕТР и влияние изменений климата на него. Также в ходе расчетов были уточнены параметры расчетных формул для характеристик весеннего половодья с учетом последних лет наблюдений. Определены сроки начала и конца весеннего половодья, его продолжительность; значения слоя весеннего половодья и максимального срочного расхода воды. А также построены хронологические графики данных величин, по которым и была произведена приближенная оценка влияния изменений климата.

Безусловно, климатические изменения, произошедшие за последние тридцать лет, которые были доказаны в данной работе, сильно сказываются на реках изучаемого региона. Из результатов анализа хронологических графиков в главе 3.4 очевидно изменение внутригодового распределения стока с весеннего половодья на меженные периоды, однако, сам сток весеннего половодья остается практически неизменным. Все это говорит о выравнивании стока и смягчении климатических условий. Тем не менее, делать какие-либо однозначные выводы еще рано – нужны дополнительные исследования в данной области. Нельзя утверждать, что данные изменения несут только негативный характер. Смягчение климата севера ЕТР, как и некоторое перераспределение стока на летние месяцы, может стать благоприятным для сельского хозяйства и значительно упростить водоснабжение в меженный период.

Отдельным звеном работы был расчет обеспеченных значений расходов воды и слоев стока за период весеннего половодья для нужд ФБГУ «ГГИ» при расчете газопровода Ухта-Ярославль. Обеспеченные значения были получены как для изученных и малоизученных рек, так и для неизученных, которыми являются Чибью и Нившера. Полученные результаты можно признать надежными и использовать в дальнейшем.

Список использованных источников

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 3. Северный край Л.- Гидрометеиздат, 1972, 661с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные Архангельская и Вологодская обл. Коми АССР. Часть 1 – 6, вып. 1.. СПб, Гидрометеиздат, 1993, 617 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. (по 1962 г. и весь период наблюдений) Том 3, Северный край. Л.: Гидрометеиздат, - 1966, 326 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. (с 1963 - 1970 г.) Том 3, Северный край. Л.: Гидрометеиздат, - 1972, 326 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. (за 1971 - 1975 гг. и весь период наблюдений) Том 3, Северный край Л.: Гидрометеиздат.- 1979, 431 с.
6. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1. РСФСР. Вып. 9. Бассейны Печоры. Л.: Гидрометеиздат,- 1985, 148 с.
7. Гидрологический ежегодник. 1933 - 1963 гг. Том 0, Бассейн Белого и Баренцево морей, выпуски 0-9 . Гидрометеиздат, Л.
8. Гидрологический ежегодник. 1963 2012 гг. Том 0, Бассейны р.р. Вычегды(приок Северной Двины), Печоры и рек к востоку до границы бассейнов Баренцева и Карского морей, выпуски 4,8,9 . Гидрометеиздат, Л.

9. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. СПб, «Нестор-История», 2010, 161 с.
10. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1974, - 424 с.
11. Дружинин В.С., Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрологической информации. СПб, 2001, 168 с.
12. Определение основных расчетных гидрологических характеристик.
13. Определение основных расчетных гидрологических характеристик СП 33-101-2003, 84с

